Der Unterschied zwischen Assoziation und Sensibilisierung bei Arthropoden

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES
DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
DER PHILIPPS-UNIVERSITÄT MARBURG

vorgelegt von

WILHELMINE SCHNABEL, geb. DEICHERT
aus Mainz

MARBURG (D 4) 1943
Druckerei Hermann Bauer

Als Dissertation angenommen am 1. 2. 1943
Berichterstatter: Professor Dr. Alverdes
Tag der mündlichen Prüfung: 3. 2. 1943

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät.

Die Dissertation erscheint auch in der „Zeitschrift für vergleichende Physiologie" 30. Band, 2. Heft, 1943, S. 194—226.

Sonderdruck aus
„Zeitschrift für vergleichende Physiologie".
30. Band, 2. Heft, 1943, S. 194—226.

Springer-Verlag, Berlin W 9.

(Aus dem Zoologischen Institut Marburg/Lahn.)

DER UNTERSCHIED ZWISCHEN ASSOZIATION UND SENSIBILISIERUNG BEI ARTHROPODEN[1].

Von

WILHELMINE SCHNABEL, geb. DEICHERT.

Mit 10 Textabbildungen.

(Eingegangen am 4. Juni 1943.)

Inhalt.

Seite

I. Einleitung 194
II. Hell-Dunkel-Versuche an *Cyclops* 195
1. Versuchsreihe: Hell-Erschütterung, Dunkel-Erschütterungsfrei . . . 196
2. Versuchsreihe: Sensibilisierungsversuche 197
3. Versuchsreihe: Dunkel-Erschütterung, Hell-Erschütterungsfrei. . . . 198
III. Hell-Dunkel-Versuche an *Limnesia* 203
a) Hell-Dunkel-Versuche mit Erschütterung als Strafreiz 204
4. Versuchsreihe: Hell-Erschütterung, Dunkel-Erschütterungsfrei . . . 205
5. Versuchsreihe: Dunkel-Erschütterung, Hell-Erschütterungsfrei . . . 207
6. Versuchsreihe: Sensibilisierungsversuche 208
b) Hell-Dunkel-Versuche mit elektrischem Strafreiz 209
7. Versuchsreihe: Hell-Elektrischer Strafreiz, Dunkel-Strafreizfrei . . . 209
8. Versuchsreihe: Dunkel-Elektrischer Strafreiz, Hell-Strafreizfrei . . . 211
9. Versuchsreihe: Sensibilisierungsversuche 212
IV. Hell-Dunkel-Versuche an *Hydryphantes ruber* mit Erschütterung als Strafreiz (10.—12. Versuchsreihe) 212
V. Seitendressuren an Juliden 214
13. Versuchsreihe: Dressur auf Vermeidung von Links 217
14. Versuchsreihe: Dressur auf Vermeidung von Rechts 221
VI. Aufwärtsdressur an Juliden (15. Versuchsreihe) 223
VII. Zusammenfassung. 225
Literatur 226

I. Einleitung.

Nachdem SGONINA die Auffassung vertreten hatte, bei Untersuchungen über das Lernvermögen niederer Tiere könne ein Dressurerfolg durch Sensibilisierung der Versuchstiere vorgetäuscht werden, war es notwendig, bei weiteren Arbeiten auf diesen Punkt besonders zu achten. Erstmalig ist es v. BORELL gelungen, beim gleichen Versuchsobjekt, nämlich beim Mehlwurm, Assoziationsbildung und Sensibilisierung nebeneinander nachzuweisen und klar voneinander zu unterscheiden. Es schien wünschenswert, auch noch bei anderen Arthropoden derartige Untersuchungen

[1] D 4.

anzustellen; als Versuchstiere wählte ich eine Copepodenart, drei Wassermilbenarten und zwei Diplopodenarten[1].

II. Hell-Dunkel-Versuche an *Cyclops*.

Als Versuchstiere dienten erwachsene Weibchen von *Cyclops insignis*. Es sollte versucht werden, die Tiere auf Vermeidung einerseits von Hell und andererseits von Dunkel zu dressieren. Bei der Deutung der Ergebnisse galt es, zu prüfen, ob und inwieweit ein echter Lernerfolg oder eine Sensibilisierung der Tiere (Sgonina) beteiligt sei.

So waren drei Versuchsreihen auszuführen, zu denen ich je 10, und zwar jedesmal neue Individuen, verwendete. Für ergänzende Versuche, die sich an die dritte Versuchsreihe anschlossen, kamen weitere 5 neue Tiere hinzu. Sämtliche Versuche wurden im verdunkelten Laboratorium durchgeführt. Als Lichtquelle diente eine Osram-Punktlichtlampe, deren Strahlen durch ein schwarzes Gehäuse bis auf einen schmalen Lichtkegel abgeschirmt waren. Die Strahlen wurden durch eine Kombination von Linsen parallel gemacht. 62 cm von der Lichtquelle entfernt stand das Versuchsgefäß auf dem Tisch einer Lupe. Eine Mattscheibe bedeckte die Öffnung des Lupentisches. Das Versuchsgefäß bestand in einem Petri-Schälchen von 2,2 cm Durchmesser, dessen eine Hälfte vollkommen mit schwarzem Papier verdunkelt war. Der Lichtkegel fiel auf den Spiegel der Lupe, der ihn zum Gefäß hinauf reflektierte. Nur die eine Hälfte des Gefäßes war also erhellt. Die Grenze zwischen Hell und Dunkel war sehr scharf, da erstens die verdunkelte Seite der Lichtquelle zugewandt war, so daß diffuses Licht in diese Hälfte des Gefäßes nicht eindringen konnte, und da zweitens der Lichtkegel, der von der Lichtquelle ausging, so stark abgeblendet war, daß er gerade nur den Spiegel ausfüllte. Ein anderes Gefäß, bei dem ein mittlerer, 0,7 cm breiter Streifen von unten her belichtet wurde, während die beiden links und rechts davon befindlichen Teile verdunkelt waren, erwies sich als ungeeignet, weil die dann zur Verfügung stehenden drei Bezirke für die Bewegungsweise der Tiere zu schmal waren.

Als unbedingten Reiz wählte ich Erschütterung. Ich bediente mich, wie Bramstedt, Soest und Dilk einer elektrischen Klingel, deren Gehäuse ich abgeschraubt hatte. Den Klöppel dieser Klingel, den ich mit einem Akkumulator betrieb, ließ ich unter der verdunkelten Hälfte des Gefäßes an die Mattscheibe schlagen. Dadurch wurde das Gefäß gleichmäßig erschüttert, der Klöppel blieb aber für den Krebs unsichtbar. Kam er bei den Dressurversuchen von der erlaubten zur verbotenen Zone, so schloß ich, wenn sich der Kopf bereits im verbotenen Bezirk befand, für Bruchteile von Sekunden den Strom, so daß das Gefäß erschüttert wurde. Das Tier reagierte auf diesen Reiz mit Stutzen, abgekürzten Bewegungen oder schnellem Davonspringen. Führten diese Reaktionen den Krebs in die erlaubte Hälfte des Gefäßes zurück, hörte ich mit dem Strafen auf. Blieb er aber noch weiter in dem verbotenen Teil, erschütterte ich das Gefäß mit ständigen Unterbrechungen so lange, bis er sich wieder in der erlaubten Hälfte befand. Eine anhaltende gleichmäßige Erschütterung unterblieb, um die Möglichkeit auszuschließen, daß sich die Tiere mit der Zeit an den Erschütterungsreiz gewöhnt hätten (vgl. die Beobachtungen von Dilk an Planarien). Denn hielt ein Strafreiz ohne Unterbrechung länger als 1—3 Sek. an (bezüglich dieser Zeitdauer ließen sich individuelle Unterschiede feststellen), so hörten die Reaktionen auf. Die Krebse schwammen dann

[1] Herrn Prof. Dr. F. Alverdes, auf dessen Anregung und unter dessen Leitung ich die vorliegende Arbeit fertigte, und der mich stets mit Rat und Tat unterstützte, sage ich meinen herzlichsten Dank.

in ihrer gewöhnlichen Bewegungsweise weiter. Wurde jedoch anschließend die Erschütterung ruckweise unterbrochen, so traten die genannten Reaktionen wieder auf.

Zum Versuch übertrug ich das Tier mit Hilfe einer Pipette aus der Kultur in das Versuchsgefäß. Das in diesem Gefäß befindliche Wasser hatte ich zuvor ebenfalls der betreffenden Kultur entnommen. Nach der Übertragung wartete ich 10 Min., damit es sich eingewöhnen konnte. Anschließend beobachtete ich, ohne zu strafen, während weiterer 10 Min., um festzustellen, wie sich die Tiere normalerweise gegenüber Hell und Dunkel verhielten (vgl. Tabelle 1—4 und Abb. 1). Unmittelbar an diese je 10 Min. beanspruchende Beobachtungszeit schlossen sich die Strafungen an. Bei allen drei Versuchsreihen bestand ein gewisser Nachteil darin, daß das Verhalten der Krebse in der verdunkelten Zone meist nicht genau beobachtet werden konnte.

1. Versuchsreihe: Hell-Erschütterung, Dunkel-Erschütterungsfrei.

Während der vor der Dressur ausgeführten Beobachtungen verweilten die Tiere durchschnittlich gleich lange im Hellen und Dunkeln (Tabelle 1);

Tabelle 1. *Cyclops.* Dressur auf Vermeidung von Hell. Aufenthaltszeiten in Sekunden. H Hell, D Dunkel.

Tier Nr.	Vor der Dressur in		Zahl der Strafreize während der ersten $^3/_4$-stündigen Dressur	Während der anschließenden 5 Min. in		Zahl der Strafreize während der zweiten $^3/_4$-stündigen Dressur	Während der anschließenden 5 Min. in		Nach Aufhören der Strafreize während der 16.—20. Min. in		31.—35. Mi in	
	H	D		H	D		H	D	H	D	H	D
1	295	305	92	30	270	50	16	284	66	234	89	21
2	254	346	88	60	240	71	67	233	105	195	130	17
3	340	260	101	72	228	55	62	238	58	242	88	21
4	298	302	110	75	225	103	71	229	78	222	91	20
5	312	288	125	38	262	110	28	272	44	256	90	21
6	308	292	128	128	172	80	35	265	115	185	135	16
7	277	323	96	45	255	70	41	259	43	257	102	19
8	298	302	109	39	261	104	11	289	38	262	67	23
9	317	283	98	56	244	74	34	266	48	252	79	22
10	336	264	82	—	300	—	36[1]	264[1]	88[1]	212[1]	109[1]	19
Durchschnitt	303,5	296,5	102,9	54,3	245,7	79,7	40,6	259,4	66,1	233,9	95,9	20

[1] Diese Aufenthaltszeiten wurden anschließend an eine $^3/_4$stündige Dressur beobachtet.

hierbei traten zwar individuelle Schwankungen auf, doch glichen sich diese im Gesamtergebnis aus. Die Zahl der Grenzüberschritte lag während jener 10 Min. zwischen 39 und 78; durchschnittlich betrug sie 55,0.

Anschließend wurde $^3/_4$ Stunden lang dressiert, indem das Tier jedesmal beim Übertritt vom Dunkeln zum Hellen gestraft wurde. Es geschahen 82—128 (durchschnittlich 102,9) Bestrafungen. Während der folgenden 5 strafreizfreien Minuten hielt ein jedes Individuum sich erheblich länger im Hellen als im Dunkeln auf. Hierbei ereigneten sich 0—17 (durchschnittlich 11,4) Genzübertritte. Das Durchschnittsverhältnis der Aufenthaltszeiten betrug 54,3: 245,7 Sek. d. h. etwa 1: 4,5.

Nun wurde wieder $^3/_4$ Stunden lang gestraft und zwar 50—110 (durchschnittlich 79,7) mal. Während der anschließenden strafreizfreien 5 Min. traten 6—16 (durchschnittlich 9,9) Grenzübertritte auf. Die Tiere befanden sich durchschnittlich 40,6 Sek. im Hellen und 259,4 Sek. im Dunkeln. Die Verbesserung gegenüber dem vorausgehenden Ergebnis ist nur geringfügig.

Von jetzt ab wurde überhaupt nicht mehr gestraft; jedoch beobachtete ich 15 sowie 30 Min. nach Aufhören der Bestrafungen noch je 5 Min. lang. Dabei geschahen 7—14 (durchschnittlich 10,6) bzw. 6—19 (durchschnittlich 11,9) Grenzübertritte; das Verhältnis der Aufenthaltszeiten verschob sich durchschnittlich auf 66,1 : 233,9 Sek. sowie auf 95,9 : 204,1 Sek. Bei jedem Einzeltier ergab sich eine Veränderung in diesem Sinne. Das durch die Strafreize erzielte Ergebnis klang also beim endgültigen Aufhören der Bestrafungen mehr und mehr ab. Ob und inwieweit es sich hier um eine Assoziationsbildung handelt, soll im Zusammenhang mit den beiden nächsten Versuchsreihen besprochen werden.

2. Versuchsreihe: Sensibilisierungsversuche.

Zur Klärung der Frage nach der Rolle einer Sensibilisierung beim Zustandekommen des soeben mitgeteilten Ergebnisses stellte ich folgende Versuche an.

10 neue Tiere wurden einzeln unter die gleichen Bedingungen wie jene der vorigen Versuchsreihe gebracht, jedoch wurden sie jetzt — und zwar in unregelmäßigen Zeitabständen — wahllos gestraft, d. h. gleichgültig, ob sie sich im Hellen oder im Dunkeln befanden.

Vor dieser Bestrafungszeit wurde jeder Krebs 10 Min. lang auf sein Verhalten gegenüber Hell und Dunkel beobachtet. Das Verhältnis der

Tabelle 2. *Cyclops.* Sensibilisierungsversuche. Aufenthaltzeiten in Sekunden. H Hell, D Dunkel.

Tier Nr.	Vor dem Versuch in		Zahl der Strafreize während der ersten $^3/_4$-stündigen Strafungszeit	Während der anschließenden 5 Min. in		Zahl der Strafreize während der zweiten $^3/_4$-stündigen Strafungszeit	Während der anschließenden 5 Min. in		Nach Aufhören der Strafreize während der			
									16.—20. Min. in		31.—35. Min. in	
	H	D		H	D		H	D	H	D	H	D
1	293	307	144	20	280	56	35	265	17	283	55	245
2	309	291	87	68	232	76	16	284	47	253	141	159
3	318	282	82	134	166	75	122	178	128	172	162	138
4	286	314	94	146	154	48	44	256	32	268	92	208
5	279	321	128	4	296	80	—	300	55	245	58	242
6	320	280	96	47	253	70	32	268	74	226	124	176
7	305	295	125	19	281	110	5	295	40	260	83	217
8	280	320	110	129	171	103	104	196	148	152	162	138
9	334	266	111	54	246	72	23	277	38	262	98	202
10	298	302	113	39	261	107	32	268	57	243	81	219
Durchschnitt	302,2	297,8	109	66	234	79,7	41,3	258,7	63,6	236,4	105,6	194,4

Aufenthaltszeiten betrug fast genau 1 : 1 (Tabelle 2). Während dieser Zeit geschahen 39—69 (durchschnittlich 55,0) Grenzübergänge. Hierauf wurde 82—144 (durchschnittlich 109) mal bald im Hellen und bald im Dunkeln gestraft. Dann wurde jedes Tier 5 Min. lang ohne Bestrafung beobachtet; hierbei ereigneten sich 2—22 (durchschnittlich 11,5) Grenzübergänge. Das Verhältnis der Aufenthaltszeiten im Hellen und im Dunkeln betrug 66 : 234 Sek. Hierbei handelt es sich fast um die gleichen Zahlenwerte wie bei den oben geschilderten Dressuren auf Vermeidung von Hell.

Sodann wurde wieder $^3/_4$ Stunden hindurch wahllos gestraft, nämlich 48—110 (durchschnittlich 79,7) mal. Dann hörten die Bestrafungen endgültig auf. Während der unmittelbar anschließenden 5 Min. geschahen 0—22 (durchschnittlich 9,5) Grenzüberschreitungen. Das Verhältnis der Aufenthaltszeiten betrug 41,3 : 258,7. Dieser Wert stimmt mit dem entsprechenden der oben beschriebenen Dressurversuche praktisch völlig überein. Das Gleiche gilt für jene Zahlen, die 15 bzw. 30 Min. nach Aufhören der Bestrafungen während je 5 Min. gewonnen wurden. Hier ereigneten sich 2—21 (durchschnittlich 10,7) bzw. 2—26 (durchschnittlich 11,2) Grenzübertritte. Dabei betrugen die Aufenthaltszeiten in Hell und in Dunkel durchschnittlich 63,6 : 236,4 bzw. 105,6 = 194,4 Sek.

Ein Vergleich dieser Versuchsreihe mit den vorausgegangenen Dressurversuchen zeigt, daß ein etwa vorhandenes Lernvermögen vollständig überdeckt wurde durch eine durch die Strafreize hervorgerufene Sensibilisierung, die die Tiere das Helle meiden ließ.

3. Versuchsreihe: Dunkel-Erschütterung, Hell-Erschütterungsfrei.

Es blieb noch übrig, zu prüfen, wie sich die Tiere bei einer Dressur auf Vermeidung von Dunkel verhielten. Verwendet wurden 10 neue Individuen. Ich habe sie in 2 Gruppen eingeteilt; bei der einen Gruppe (Tabelle 3a) gelang die Dressur besser als bei der anderen (Tabelle 3b).

Tabelle 3a. *Cyclops.* Die gut gelungenen Dressuren auf Vermeidung von Dunkel. Aufenthaltszeiten in Sekunden. H Hell, D Dunkel.

Tier Nr.	Vor der Dressur in		Zahl der Strafreize während der ersten $^3/_4$-stündigen Dressur	Während der anschließenden 5 Min. in		Zahl der Strafreize während der zweiten $^3/_4$-stündigen Dressur	Während der anschließenden 5 Min. in		Nach Aufhören der Strafreize während der			
									16.—20. Min. in		31.—35. Min in	
	H	D		H	D		H	D	H	D	H	D
1	236	364	104	228	72	65	228	72	152	148	112	188
2	304	296	79	206	94	66	230	70	168	132	141	159
3	259	341	116	192	108	53	206	94	33[1]	267[1]	41[1]	259
4	309	291	61	161	139	42	240	60	114	186	56	244
5	275	325	68	106	194	54	183	117	72	228	65	235
Durchschnitt	276,6	323,4	85,6	178,6	121,4	56	217,4	82,6	107,8	192,2	83	217

[1] Tier 3 wurde in seinen Bewegungen langsamer.

Tabelle 3b. *Cyclops.* Die weniger gut gelungenen Dressuren auf Vermeidung von Dunkel. Aufenthaltszeiten in Sekunden. H Hell, D Dunkel.

Tier Nr.	Vor der Dressur in		Zahl der Strafreize während der ersten $^3/_4$-stündigen Dressur	Während der anschließenden 5 Min. in		Zahl der Strafreize während der zweiten $^3/_4$-stündigen Dressur	Während der anschließenden 5 Min. in		Nach Aufhören der Strafreize während der			
									16.—20. Min. in		31.—35. Min. in	
	H	D		H	D		H	D	H	D	H	D
6	208	392	82	144	156	75	136	164	136	164	127	173
7	287	313	93	167	133	59	148	152	155	145	146	154
8	319	281	87	123	177	76	153	147	151	149	162	138
9	193	407	58	102	198	42	159	141	205	95	—	300
10	386	214	89	180	120	53	155	145	119	181	104	196
Durchschnitt	278,6	321,4	81,8	143,2	156,8	61	150,2	149,8	153,2	146,8	107,8	192,2

Vor der Dressur währte bei beiden Gruppen der Aufenthalt im Dunkeln durchschnittlich ein wenig länger als der im Hellen; es geschahen 20—72 (durchschnittlich 50,9) Grenzübertritte. Das Verhältnis der im Hellen und Dunkeln verbrachten Zeiten betrug insgesamt 555,2: 644,8 Sek., d. h. etwa 21: 25. Vorausgesetzt, daß diese Zahlen nicht nur zufällig zustandekamen, war ein solches Verhältnis als Ausgangspunkt für die vorliegende Dressur nur zu begrüßen. Denn wenn es gelang, das Zahlenverhältnis durch die Dressur zu Gunsten von Hell zu verschieben, war ein derartiges Ergebnis um so höher zu bewerten.

Bei der Dressur wurden während der ersten $^3/_4$ Stunden 58—116 (durchschnittlich 83,7) Strafreize erteilt. Anschließend wurde 5 Min. ohne Bestrafungen beobachtet; hier geschahen 3—19 (durchschnittlich 10,6) Grenzübertritte. Die Angehörigen der ersten Tiergruppe (Tabelle 3a) hielten sich bereits jetzt länger im Hellen als im Dunkeln auf; das Verhältnis betrug bei ihnen im Durchschnitt 178,6: 121,4 Sek. Dies ist nur dadurch zu erklären, daß die Tiere Dunkelheit und Strafreiz assoziiert hatten. Um eine Sensibilisierung kann es sich hier nicht gehandelt haben, denn diese stellt — wie die 2. Versuchsreihe lehrt — die Tiere auf Bevorzugung von Dunkel und auf Vermeidung von Hell und nicht umgekehrt ein. Bei der zweiten Tiergruppe (Tabelle 3b) war eine solche Verschiebung des Zahlenverhältnisses nicht eingetreten.

Nun wurde erneut $^3/_4$ Stunden lang und zwar 42—76 (durchschnittlich 58,5) mal gestraft. Als ich dann mit den Strafungen endgültig aufhörte und 5 Min. lang beobachtete, zeigte die erste Tiergruppe mit dem Verhältnis 217:4: 82,6 Sek. eine weitere Erhöhung der im Hellen verbrachten Zeiten, während bei der zweiten Gruppe das Verhältnis mit 150,2: 149,8 Sek. ungefähr konstant geblieben war. Während der genannten 5 Min. geschahen bei der ersten Tiergruppe 5—15 (durchschnittlich 8,8) und bei der zweiten Gruppe 5—16 (durchschnittlich 10,6) Grenzübertritte.

Als ich 15 und 30 Min. nach Aufhören der Bestrafung bei beiden Gruppen das Verhalten je 5 Min. beobachtete, ergab sich eine allmähliche Verschiebung des Zahlenverhältnisses zugunsten der im Dunkeln verbrachten Zeiten. Bei der ersten Gruppe handelte es sich um das Verhältnis 107,8: 192,2 bzw. 83: 217 Sek.; hierbei geschahen 2—14 (durchschnittlich 9,2) bzw. 2—20 (durchschnittlich 8,6) Grenzübertritte. Bei der zweiten Gruppe wurde das Verhältnis 153,2: 146,8 bzw. 107,8: 192,2 Sek. festgestellt. Während dieser Zeiten geschahen 6—18 (durchschnittlich 12,4) bzw. 0—17 (durchschnittlich 10) Grenzübertritte.

Die Angehörigen der ersten Gruppe hielten sich also infolge der Bestrafungen nach $^3/_4$stündiger und vor allem nach $1^1/_2$stündiger Dressurzeit vorwiegend im Hellen auf; dies ist als echter Dressurerfolg anzuerkennen. Allerdings waren die bei den Sensibilisierungsversuchen erzielten Werte noch bessere als die hier vorliegenden; man vergleiche die durch Sensibilisierung gewonnenen Zahlen 66,0: 234,0 bzw. 41,3: 258,7 mit dem durch Dressur sich ergebenden Verhältnis der Aufenthaltszeiten im erlaubten Dunkel und verbotenen Hell = 121,4: 178,6 bzw. 82,6: 217,4. Bei diesem Dressurergebnis wirkt sich zweifellos der Einfluß einer Sensibilisierung ungünstig aus; sie war aber nicht stark genug, um der Dressur entscheidend entgegenzuwirken. Sie trat erst später, nämlich 15 und 30 Min. nach Aufhören der Bestrafungen deutlich hervor, und zwar verstärkte sich ihr Einfluß erst allmählich, was sich darin ausdrückte, daß die durchschnittlich im Dunkeln verbrachte Zeit nach 30 Min. länger als nach 15 Min. war. Auch bei der zweiten Tiergruppe läßt sich der Einfluß einer Assoziation nachweisen; diese hielt der Sensibilisierung wenigstens soweit die Wage, daß nach $^3/_4$- und $1^1/_2$stündigen Bestrafungen sowie 15 Min. nach Aufhören der Strafreize das Verhältnis der im Hellen und Dunkeln verbrachten Zeiten durchschnittlich etwa 1: 1 blieb.

Tabelle 4. *Cyclops.* Verhalten von 5 Tieren an der Hell-Dunkel-Grenze

Spalte	Tier		Vor der Dressur		Während der ersten $^3/_4$stündigen Bestrafungszeit		Während 5 straffreier Minuten	
			H	D	H	D	H	D
1	1—5	N	19—27	20—31	47—105	46—78	0—10	0—8
		St	3— 8	1— 7	3— 19	14—42	0— 5	0—7
		B	2— 8	2— 6	0— 3	14—47	0— 0	2—5
2	1+2+3+4+5	N	118	128	393	307	24	14
		St	30	20	68	152	9	18
		B	17	24	11	138	0	16
3	desgl.	N	59	64	43,7	34,1	24	14
	umgerechnet	St + B	23,5	22	8,8	32,2	9	34
	auf 5 Min.							

H Verhalten gegenüber Hell. D Verhalten gegenüber Dunkel. N Überschreiten
B Grenzberührungen, die nicht

Bei beiden Tiergruppen überdauerte die Sensibilisierung den Dressurerfolg erheblich; denn sonst wäre 30 Min. nach Aufhören der Bestrafungen nicht das durchschnittliche Zahlenverhältnis 83: 217 bzw. 107,8: 192,2 Sek aufgetreten, was ungefähr mit dem bei den Sensibilisierungsversuchen gewonnenen Durchschnittswert von 105,5: 194,4 Sek. übereinstimmt.

Es war wünschenswert, das Verhalten der Tiere an der Hell-Dunkel-Grenze genauer zu prüfen. Denn bei allen drei Versuchsreihen hatte ich nur die Zahl der Grenzüberschreitungen während der strafreizfreien Zeiten festgestellt, wobei ich nicht unterschied, ob diese Überschreitungen nach vorherigem Stutzen oder ohne ein solches geschahen. Für derartige Untersuchungen schien mir die Dressur auf Vermeidung von Dunkel am geeignetsten, da ich hierbei das Verhalten der Krebse in der erlaubten Hälfte, d. h. im Hellen und beim Übergang nach dem verbotenen Teil genau beobachten konnte. Bei 5 neuen Individuen (Tier 1—5) protokollierte ich während des ganzen Versuches das Überschreiten der Grenze ohne Stutzen (N), das Überschreiten nach vorherigem Stutzen unmittelbar an der Grenze (St) und Grenzberührungen (B), die nicht zu Grenzüberschreitungen führten, so daß der betreffende Krebs nach Berühren der Grenze sich in dem bisherigen Bereich weiterbewegte. Die beiden $^3/_4$stündigen Bestrafungszeiten unterteilte ich in 3 Abschnitte von je 15 Min.

Tabelle 4 gibt das Verhalten der 5 Tiere wieder. Aus Raumgründen sind hier die 3 Abschnitte der beiden $^3/_4$stündigen Bestrafungszeiten zu je einer Einheit zusammengefaßt (in Abb. 1 sind sie getrennt dargestellt, s. u.). Spalte 1 veranschaulicht die jeweils festgestellten niedrigsten und höchsten Werte, in Spalte 2 sind die von sämtlichen 5 Tieren stammenden Ergebnisse zusammengezählt, in Spalte 3 wurden diese Werte auf je 5 Min. umgerechnet. Außerdem habe ich hier die unter Stutzen

bei der Dressur auf Vermeidung von Dunkel.

Während der zweiten $^3/_4$stündigen Bestrafungszeit		Nach Aufhören der Strafreize während der					
		1.—5. Min.		16.—20. Min.		31.—35. Min.	
H	D	H	D	H	D	H	D
40—67	29—55	2—5	0—4	2—8	1—4	5—9	5—7
3—13	15—30	0—1	2—3	0—2	2—6	2—9	3—8
0— 3	15—32	0—2	3—7	0—2	1—6	1—4	2—4
287	229	18	9	27	11	37	33
51	114	3	12	5	22	22	26
7	114	2	23	3	13	12	13
31,9	25,4	18	9	27	11	37	33
6,4	25,3	5	35	8	35	34	39

der Grenze ohne Stutzen. St Überschreiten der Grenze nach vorherigem Stutzen. zu Grenzüberschreitungen führten.

erfolgenden Grenzüberschreitungen (St) und die Grenzberührungen (B) zusammengefaßt, da sie beide als Reaktionen auf die Dunkelheit zu betrachten sind.

Addiert man beim einzelnen Tier folgende Zahlen: einerseits NH mit StH und andererseits ND mit StD, so stimmen die sich ergebenden beiden Werte entweder miteinander überein, oder sie weichen nur um die Zahl 1 voneinander ab. Das Gleiche gilt nicht für die Spalte 2, die die von den 5 Tieren gewonnenen Werte addiert wiedergibt. Hier können größere Abweichungen auftreten, und zwar kann der Unterschied im Maximum 5 betragen.

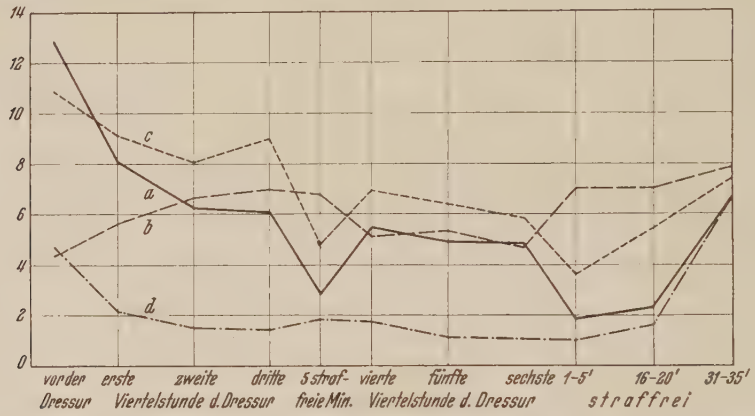


Abb. 1. *Cyclops.* Verhalten an der Hell-Dunkel-Grenze bei der Dressur auf Vermeidung von Dunkel. Durchschnittswerte der bei Tier 1—5 gewonnenen Ergebnisse, umgerechnet auf je 5 Min. (vgl. Tabelle 4). Die Ordinate gibt die Häufigkeit der verschiedenen Verhaltungsformen wieder. a Überschreiten der Grenze ins Dunkle ohne Stutzen (ND); b Überschreiten der Grenze ins Dunkle nach vorherigem Stutzen sowie Grenzberührungen, die nicht zu Grenzüberschreitungen führten (StD + BD); c Überschreiten der Grenze ins Helle ohne Stutzen (NH); d Überschreiten der Grenze ins Helle nach vorherigem Stutzen sowie Grenzberührungen, die nicht zu Grenzüberschreitungen führten (StH + BH).

Abb. 1 stellt den Durchschnitt der bei den 5 Tieren erzielten Werte, umgerechnet auf je 5 Minuten, dar. Vor der Dressur waren die Grenzüberschreitungen ohne Stutzen von Hell nach Dunkel (a) wie auch umgekehrt (c) fast 3mal so häufig wie diejenigen mit Stutzen und die Grenzberührungen zusammen (b bzw. d). Aber schon während der ersten 15 Min. der Bestrafungszeit wurden die Reaktionen vor Dunkel (b) häufiger, und entsprechend sank die Zahl der Grenzüberschreitungen ohne Stutzen (a). Während der restlichen 30 Min. dieser Bestrafungszeit lag Kurve b bereits höher als Kurve a, d. h. die Krebse reagierten häufiger auf Dunkel, als daß sie sich in dieses ohne Stutzen hineinbegaben. Das Gleiche gilt auch für die folgenden 5 strafreizfreien Minuten. Hier sank Kurve a sogar erheblich ab, weil sich vermutlich die Tiere bei Fehlen der Strafreize etwas weniger lebhaft umherbewegten; Kurve b behielt jedoch ihre zuvor erreichte Höhe bei.

Während der zweiten $^3/_4$stündigen Bestrafungszeit lagen die beiden Kurven etwa gleich hoch, verglichen mit der ersten Bestrafungszeit aber ein wenig tiefer; letzteres erklärt sich wohl aus einer gewissen Ermüdung der Tiere. Eine Vermehrung der Reaktionen auf Dunkel im Vergleich zur ersten $^3/_4$stündigen Dressurzeit erfolgte also nicht. Ein ebensolches Ergebnis ist auch aus der Tabelle 3a und 3b zu ersehen, wo — außer in 3 Fällen — nach der zweiten $^3/_4$stündigen Dressur ebenfalls keine oder nur geringe Verbesserungen der Dressurergebnisse sich zeigten. Nach dem endgültigen Aufhören der Bestrafungen steigt in Abb. 1 während der unmittelbar folgenden 5 strafreizfreien Minuten Kurve b stark an, wohingegen Kurve a erheblich fällt, d. h. die Grenzübertritte mit Stutzen zusammen mit den Grenzberührungen erfolgten etwa $3^1/_2$mal so häufig wie die Überschreitungen der Grenze ohne Stutzen. Während der 16. bis 20. Minute nach Aufhören der Strafreize lagen die beiden Kurven noch in den eben genannten Bereichen, und erst während der 31.—35. Minute stieg die Zahl der Grenzüberschreitungen ohne Stutzen (a) stark an.

Gegenüber Hell verhielten sich die Tiere entsprechend anders. Die Kurve für die Grenzüberschreitungen mit Stutzen zusammen mit den Grenzberührungen (d) verläuft während der Dressur mit kleinen Schwankungen zwischen 1 und 2, d. h. während je 5 Min. ereigneten sich Reaktionen auf Hell nur 1—2mal. Erst 30 Min. nach dem Aufhören der Strafreize steigt sie stark an, was darauf zurückzuführen ist, daß sich jetzt die Sensibilisierung endgültig durchzusetzen vermochte (s. o.).

III. Hell-Dunkel-Versuche an *Limnesia*.

Hier handelte es sich um Wassermilben. Eines der 7 Individuen (Tier 3) gehörte zu *Limnesia maculata*, die übrigen 6 gehörten zu *Limnesia fulgida*[1]. Ein Unterschied im Verhalten dieser beiden Arten trat während meiner gesamten Versuche nicht auf. Die Milben liefen im allgemeinen flink über den Boden des Schälchens dahin, oder, was aber vor Einsetzen des Strafreizes bedeutend seltener geschah, sie schwammen an der Wand des Schälchens, wobei sie ihre Ventralseite der Gefäßwand zukehrten und die Beine lebhaft bewegten. Bei diesem Schwimmen kamen die Tiere nur langsam von der Stelle. An manchen Tagen waren einzelne Exemplare sehr träge. Sie setzten sich dann bald nach der Übertragung in das Versuchsgefäß fest oder bewegten sich nur sehr langsam. Eine Dressur war dann nicht möglich. Ich konnte nicht feststellen, wovon diese Bewegungsunlust abhängig war, da ich sie sowohl bei Regenwetter als auch bei hellem, klarem Wetter beobachten konnte.

Sämtliche Versuchsreihen führte ich mit denselben 7 Tieren im verdunkelten Laboratorium aus. Um zu prüfen, wie weit die Versuchsergebnisse von der Art des Strafreizes abhängig sind, führte ich zwei Gruppen

[1] Herrn Dr. K. Viets-Bremen danke ich für die Bestimmung sämtlicher von mir verwendeter Milben.

von Hell-Dunkel-Versuchen durch: 1. solche mit Erschütterung als unbedingtem Reiz und 2. solche mit elektrischem Strafreiz.

a) Hell-Dunkel-Versuche mit Erschütterung als Strafreiz.

Bei diesen Versuchen war die Apparatur genau dieselbe wie bei den entsprechenden Dressuren an *Cyclops insignis*. Das Versuchsschälchen hatte hier einen Durchmesser von 3 cm. Ich führte auch hier 3 Versuchsreihen durch, bei denen ich die Tiere in Einzelversuchen auf Vermeidung einerseits von Hell und andererseits von Dunkel dressierte; ferner prüfte ich, ob eine etwa durch die Strafreize hervorgerufene Sensibilisierung die Tiere das Helle bzw. das Dunkle meiden ließ.

Zum Versuch übertrug ich die betreffende Milbe mit Hilfe einer Pipette aus dem Kulturschälchen in das Versuchsgefäß. Das darin befindliche Wasser entstammte derselben Kultur. Dieses Wasser mußte filtriert sein, um zu vermeiden, daß sich die Milben an kleinen Partikelchen, wo sie manchmal auch zu fressen begannen, festsetzten. Kamen sie gelegentlich einmal an der Gefäßwand zur Ruhe, versuchte ich durch leichtes Blasen auf die Wasseroberfläche, die Tiere zur Weiterbewegung zu veranlassen. Hatte dies keinen Erfolg, mußte ich die Dressur abbrechen und einige Tage später wiederholen.

Nach der Übertragung in den hellen Teil des Versuchsgefäßes wartete ich 10 Min., damit sich die Tiere in die neue Umgebung eingewöhnen konnten. Zu Beginn dieser 10 Min. traten bei fast allen Individuen mehrere Abwendungen vor der dunklen Hälfte des Gefäßes auf; doch unterblieben diese bald. Anschließend beobachtete ich weitere 10 Min. ohne zu strafen, um endgültig festzustellen, wie sich die Milben im unbeeinflußten Zustande gegenüber Hell und Dunkel verhielten. Der Durchschnittswert für die Aufenthaltszeiten der 7 Tiere bei sämtlichen Hell-Dunkel-Versuchen ergab, daß sie sich vor der Dressur etwa gleichlange im Hellen wie im Dunklen aufhielten und zwar im Verhältnis 295: 305 Sek. = 1: 1,03. Nach jenen 10 Min. begann ich mit der Dressur, indem ich die Milben in der verbotenen Hälfte des Gefäßes strafte. Mit dem Strafreiz setzte ich dann ein, wenn sich die Tiere mit ihrem ganzen Körper im verbotenen Bezirk befanden, und strafte durch kurze, aufeinanderfolgende Erschütterungsstöße so lange, bis sie sich wieder unmittelbar vor der erlaubten Zone befanden. Bewegten sie sich in diese hinein, unterblieb eine weitere Erschütterung, erfolgte aber — wie in selteneren Fällen — eine Abwendung davor, wurde weitergestraft, bis sich die Tiere in die erlaubte Hälfte wandten.

Die Milben reagierten auf die ruckartigen Erschütterungen entweder durch schnelleres Davonlaufen, oder sie gingen zum oben geschilderten Schwimmen an der Gefäßwand über. Viel seltener war ein Stutzen. Mit der Dauer der Dressur ließen alle diese Reaktionen auf den Strafreiz nach. Ich muß aber annehmen, daß die in der verbotenen Zone erteilten Erschütterungen sich auch dann noch den Tieren einprägten, denn wenn sie bald darauf, von der erlaubten Zone herkommend, an die Grenze

gelangten, führten sie weiterhin spontane Abwendungen aus. Diese Abwendungen wurden oft nach längerer Dressurzeit sogar zahlreicher oder traten in einzelnen Fällen dann erst deutlich auf.

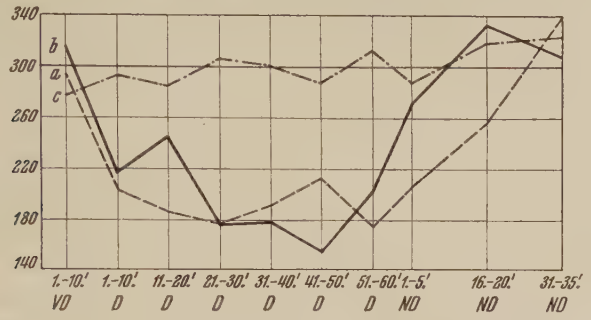


Abb. 2. *Limnesia.* Hell-Dunkel-Versuche mit Erschütterung als Strafreiz bei Tier 1. Ordinate: Aufenthaltszeiten in Sekunden; Abszisse: Dressurzeit in Minuten. VD: vor der Dressur, D: während der Dressur, ND: nach der Dressur. Dressur auf Vermeidung a von Hell, b von Dunkel; c Sensibilisierungsversuche.

4. Versuchsreihe: Hell-Erschütterung, Dunkel-Erschütterungsfrei.

Vor der Dressur hielten sich die Tiere, wie schon S. 204 erwähnt, ungefähr gleich lange im Hellen und Dunklen auf, und zwar bei dieser Versuchsreihe im durchschnittlichen Verhältnis 322,7 : 277,3 Sek. = 1 : 0,86 (Tabelle 5). Die Dressur erforderte eine Stunde. Eine länger an-

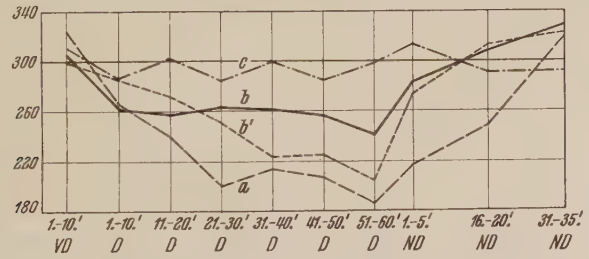


Abb. 3. *Limnesia.* Hell-Dunkel-Versuche mit Erschütterung als Strafreiz. Durchschnittswerte sämtlicher Tiere. Ordinate: Aufenthaltszeiten in Sekunden; Abszisse: Dressurzeit in Minuten. VD: vor der Dressur; D: während der Dressur; ND: nach der Dressur. Dressur auf Vermeidung a von Hell, b von Dunkel, b' von Dunkel unter Auslassung der Werte der bei zwei Tieren (Tier 3 und 4) mißlungenen Versuche; c Sensibilisierungsversuche.

haltende Dressur verbesserte die Ergebnisse infolge der Ermüdung der Tiere nicht mehr.

Während der Dressur protokollierte ich für je 10 Min. die Aufenthaltszeiten im Hellen wie im Dunklen und zählte gleichzeitig die während dieser Zeiten stattfindenden Grenzüberschreitungen nach Hell und nach Dunkel. Bei Tier 2 und 5 wurden auch die Abwendungen an der Grenze festgestellt. Ein Stutzen — wie es bei *Cyclops insignis* auftrat — konnte ich in nur ganz seltenen Fällen beobachten.

Bei sämtlichen Milben verschoben sich die Aufenthaltszeiten zu Gunsten von Dunkel (Abb. 2 und 3). In Abb. 2, die die Hell-Dunkel-Versuche für Tier 1 wiedergibt, sinkt Kurve a schon während der ersten 10 Min. der Dressur und hält sich unter Schwankungen während der gesamten Bestrafungszeit ungefähr im gleichen Bereich. Nach Aufhören der Bestrafungen steigt sie an und endet während der 31. bis 35. Min. nach der Dressur sogar über der Mittellinie. (Diese Linie gibt ein gleichlanges Verweilen im Hellen und Dunkeln wieder.) An den tiefsten Punkten der Kurve war der Dressurerfolg also am größten. Ähnlich verläuft auch die Kurve für die Durchschnittswerte der 7 Tiere (Abb. 3, Kurve a). Die besten Dressurergebnisse habe ich bei 5 Tieren während der letzten 10 Min. der Dressur erreicht (Tabelle 5). Bei den beiden anderen traten sie schon früher auf, und hier klang der Erfolg zum Schluß der Dressur wieder etwas ab.

Während dieser einstündigen Dressur erfolgten 391—648 (durchschnittlich 533,3) Grenzüberschreitungen. Bei Tier 2 geschahen während dieser Zeit unmittelbar an der Hell-Dunkel-Grenze ohne Strafreiz 33 Abwendungen vor dem verbotenen Hell und trotz Strafens 2 vor dem erlaubten Dunkel; bei Tier 5 erfolgten 47 vor Hell und 18 vor Dunkel. Möglicherweise war die Zahl der Abwendungen vor dem verbotenen Hell noch größer; doch konnte ich die Milben im Dunklen nicht immer genau verfolgen.

Während der ersten 5 Min. nach Aufhören der Bestrafungen hielten sich sämtliche Tiere — mit Ausnahme von Tier 4, das sich im verbotenen Hell festsetzte — länger im Dunklen als im Hellen auf. Das beste Ergebnis lieferte Tier 5 mit 95: 205 Sek. (Tabelle 5). Das Durchschnittsverhältnis betrug 108,2: 191,8 Sek. = 1: 1,8. Da diese Zahl vor der Dressur 1: 0,9 lautete, so hatte also unter dem Einfluß der Versuchs-

Tabelle 5. *Limnesia.* Dressur auf Vermeidung von Hell durch Erschütterung.

Tier	Aufenthaltszeiten in Sek. während der der Dressur vorausgehenden 10 Min. H : D	Kürzeste im Hell verbrachte Zeiten in Sek. während je 10 Min. der Dressur H : D	Angabe der Minuten, während welcher diese Aufenthaltszeiten erreicht wurden	Aufenthaltszeiten in Sek. während der ersten 5 Min. nach der Dressur H : D
1	296 : 304	175 : 425	51.—60.	102 : 198
2	382 : 218	98 : 502	41.—50.	129 : 171
3	426 : 174	191 : 409	51.—60.	113 : 187
4	254 : 346	211 : 389	21.—30.	268 : 32[1]
5	256 : 344	181 : 419	51.—60.	95 : 205
6	317 : 283	178 : 422	51.—60.	106 : 194
7	328 : 272	187 : 413	51.—60.	104 : 196
Durchschnitt	323 : 277	174 : 426		108 : 192[2]

[1] Tier 4 setzte sich im verbotenen Hell fest.

[2] Unter Auslassung von Tier 4.

bedingungen die im Dunklen verbrachte Zeit aufs Doppelte zugenommen. Dies ist ein Zeichen dafür, daß die Tiere Hell-Erschütterung und Dunkel-Erschütterungsfrei assoziiert hatten. 30—35 Min. nach der Dressur hatte sich dieser Erfolg wieder verloren. Die Tiere hielten sich jetzt sogar wieder etwas länger im Hellen als im Dunklen auf und zwar im Verhältnis von 159,2: 140,8 Sek. = 1: 0,9.

5. Versuchsreihe: Dunkel-Erschütterung, Hell-Erschütterungsfrei.

Apparatur und Methode waren die gleichen, wie bei den vorigen Versuchen, nur daß die Tiere jetzt, vom Hellen kommend, in dem verbotenen Dunkel gestraft wurden.

Die Dressur gelang gut bei Tier 1 und 6; bei Tier 2, 5 und 7 gelang sie in geringerem Grade, bei Tier 3 und 4 mißlang sie (Tabelle 6). Die besten Ergebnisse erzielte ich bei Tier 5, 6 und 7 während der letzten 10 Min. der Dressur, bei Tier 1 während der 41.—50. Min. und bei Tier 2 während der 31.—40. Min. der Dressur (Tabelle 6).

Tabelle 6. *Limnesia.* Dressur auf Vermeidung von Dunkel durch Erschütterung.

Tier	Aufenthaltszeiten in Sek. während der der Dressur vorausgehenden 10 Min. D : H	Kürzeste im Dunkel verbrachte Zeiten in Sek. während je 10 Min. der Dressur D : H	Angabe der Minuten, während welcher diese Aufenthaltszeiten erreicht wurden	Aufenthaltszeiten in Sek. während der ersten 5 Min. nach der Dressur D : H
1	319 : 281	156 : 444	41.—50.	136 : 164
2	293 : 307	197 : 403	31.—40.	155 : 145
5	270 : 330	228 : 372	51.—60.	125 : 175
6	296 : 304	173 : 427	51.—60.	130 : 170
7	317 : 283	231 : 369	51.—60.	138 : 162
Durchschnitt	299 : 301	197 : 403		137 : 163

Als mißlungen bezeichne ich die mit Tier 3 und 4 angestellten Versuche, weil hier die am meisten im Dressursinne gelegenen Zeiten während der ersten 10 Min. der Dressur auftraten. Dabei handelte es sich jedoch um Werte, die nur wenig vom Mittelwert entfernt waren, denn bei Tier 3 betrug diese Abweichung 73 Sek. und 42 Sek. bei Tier 4. Anschließend verschwand bei beiden Individuen diese Erhöhung der im Hellen verbrachten Zeiten vollständig, und zwar für die gesamte Dauer der betreffenden Versuche.

Bei den gelungenen Dressuren waren die Abwendungen von dem verbotenen Teil des Gefäßes meist nicht so häufig wie bei den Dressuren auf Vermeidung von Hell. Während der Bestrafungszeit führte Tier 2, bei dem die Dressur nur mäßig gelang, 24 Abwendungen vor dem verbotenen Dunkel und 14 vor dem erlaubten Hell aus; bei Tier 5, dessen Dressur ebenfalls nur mäßig gelang, geschahen im ersten Falle 33, im zweiten 13 Abwendungen.

Während der Dressur erfolgten 297—590 (durchschnittlich 443,9) Grenzübertritte. Das Verhältnis der Aufenthaltszeiten vor der Dressur

im Hellen und im Dunkeln betrug durchschnittlich 293,7 : 306,3 Sek. = 1 : 1,04. Unmittelbar nach der Dressur hatte es sich nur wenig zu Gunsten von Hell verschoben. Das Verhältnis war jetzt — unter Auslassung der mißlungenen Versuche mit Tier 3 und 4 — 163,2 : 136,8 Sek. = 1 : 0,84. In Abb. 2 stellt Kurve b die am besten gelungene Dressur graphisch dar. Sie sinkt, abgesehen von einer Zacke, die während der 11.—20. Min. der Dressur auftrat, bis zur 41.—50. Min., um dann wieder anzusteigen und nach Aufhören der Bestrafungen ein wenig über der Mittellinie zu enden. Während der 21.—30. Min. überschneidet sie die Kurve für die Dressur auf Vermeidung von Hell und liegt 20 Min. lang tiefer als diese.

Kurve b der Abb. 3 gibt das Durchschnittsverhältnis der gesamten 7 Dressuren wieder. Sie liegt durchweg höher als die bei der Dressur auf Vermeidung von Hell gewonnene Kurve a. Durch Auslassung der beiden bei Tier 3 und 4 mißlungenen Versuche verbessert sich das Durchschnittsergebnis wesentlich (Abb. 3, Kurve b').

Der Erfolg der Dressuren auf Vermeidung von Dunkel war also etwas geringer als der der Dressuren auf Vermeidung von Hell. Bei den letzteren hatte die Dressur das Gesamtdurchschnittsverhältnis der Aufenthaltszeiten in Hell und Dunkel von 1 : 1 vor der Dressur auf 1 : 1,77 nach der Dressur verschoben, d. h. die Aufenthaltszeiten hatten sich im erlaubten Dunkel fast verdoppelt, bei den Dressuren auf Vermeidung von Dunkel hatte es sich nach der Dressur nur in die Zahlen 1 : 0,84 abgeändert, d. h die Aufenthaltszeiten hatten sich im verbotenen Dunkel nur um etwa $^1/_5$ verringert.

6. Versuchsreihe: Sensibilisierungsversuche.

Jedes Tier wurde zunächst 10 Min. lang im unbeeinflußten Zustande beobachtet und dann eine Stunde lang wahllos im Hellen und Dunkeln gestraft. Die Länge der einzelnen Erschütterungsstöße und der Abstand zwischen ihnen blieben nach Möglichkeit die gleichen wie bei den Dressuren auf Vermeidung von Hell und von Dunkel. Ich protokollierte auch hier die Aufenthaltszeiten im Hellen und Dunkeln sowie die Anzahl der Grenzübergänge für je 10 Min. Ferner achtete ich wieder bei Tier 2

Tabelle 7. *Limnesia.* Zahl der spontanen Abwendungen an der Hell-Dunkel-Grenze bei den Sensibilisierungsversuchen durch Erschütterung. VD vor, D während, ND nach der Dressur.

Zeit in Min.	Tier 2 Abwendungen von		Tier 5 Abwendungen von	
	H	D	H	D
1.—10. VD	2	2	2	3
1.—10. D	—	1	2	8
11.—20. D	3	3	1	1
21.—30. D	6	7	—	—
31.—40. D	1	2	2	3
41.—50. D	1	2	1	1
51.—60. D	3	1	2	—
1. — 5. ND	1	2	—	—
16.—20. ND	2	2	2	2
31.—35. ND	1	1	—	—

und 5 auf die Anzahl der Abwendungen an der Grenze, d. h. sowohl von dem hellen wie von dem dunklen Bezirk.

Eine Sensibilisierung konnte ich bei keinem der 7 Tiere feststellen. Die Kurve für die Einzelversuche sowie für den Durchschnittswert ergaben eine etwas unregelmäßig verlaufende Zickzacklinie im Mittelbereich, d. h. um 300 Sek. herum (Abb. 2 und 3, Kurve c). Die Anzahl der Abwendungen an der Hell-Dunkel-Grenze war sowohl vor dem hellen als auch vor dem dunklen Bezirk ungefähr gleich (Tabelle 7).

Vor der Strafungszeit hielten sich die Tiere ungefähr gleich lange im Hellen wie im Dunkeln auf und zwar im Verhältnis 307,9: 292,1 Sek. = 1: 0,95. Unmittelbar nach der Strafungszeit hatte sich praktisch nichts geändert. Das Verhältnis der Aufenthaltszeiten war jetzt — unter Auslassung von Tier 3, das sich im Hellen festgesetzt hatte — 313,4: 286,6 = 1: 0,91. Die Anzahl der Grenzüberschreitungen während der Bestrafungszeit betrug 403—758 (durchschnittlich 527,4).

b) Hell-Dunkel-Versuche mit elektrischem Strafreiz.

Die Methodik blieb dieselbe wie bei den vorigen Versuchen. Nur strafte ich jetzt mit kurzen elektrischen Stromstößen statt mit Erschütterung. Ich verwandte Wechselstrom, um eine Zersetzung des Wassers zu vermeiden. In den primären Kreis eines Induktionsapparates, den ich mit einem Akku von 2—4 Volt speiste, hatte ich einen Wagnerschen Hammer und einen Unterbrecher eingebaut, in den Sekundärkreis zwischen Spule und dem Versuchsgefäß einen Dubois-Petitschen Reibeschlüssel (vgl. Raabe, Abb. 1). Durch ruckweises Öffnen des Schlüssels strafte ich. Die Sekundärspule mußte ich auf dem Schlitten des Induktors soweit von der Primärspule fortschieben, bis die Tiere gerade noch deutliche Reaktionen zeigten. Dies war bei einer Einstellung der Sekundärspule auf 12,5—15 cm der Fall. Hinsichtlich dieser Entfernung bestanden individuelle Unterschiede.

Die Milben reagierten mit schnellerem Vorwärtseilen oder sie hielten, was seltener geschah, im Laufen inne, um dann plötzlich in derselben oder einer anderen Richtung weiterzueilen. Die Reaktionen auf die elektrischen Stromstöße waren stärker als diejenigen auf Erschütterung und hielten auch während der ganzen Dressur an.

Kamen die Milben, während ich strafte, an eine der Elektroden, fielen sie betäubt zu Boden und schieden dabei ein milchig-weißes Sekret aus. Dies ereignete sich in drei Fällen. Obwohl sie sich nach spätestens 5 Min. wieder erholt hatten, brach ich einen solchen Versuch dennoch ab und wiederholte ihn erst nach 3—4 Tagen.

Zu diesen Hell-Dunkel-Versuchen standen nur noch 5 Tiere zur Verfügung, da Tier 5 und 7 eingegangen waren. Diese Versuche boten im wesentlichen nichts Neues. Die Dressur dauerte bei allen Versuchsreihen eine Stunde.

7. Versuchsreihe: Hell-Elektrischer Strafreiz, Dunkel-Strafreizfrei.

Diese Dressuren verliefen ähnlich wie jene, bei denen Erschütterung als Strafreiz gedient hatte. Ich protokollierte bei allen Tieren außer den

Aufenthaltszeiten in Hell und Dunkel und außer der Anzahl der Grenzübertritte auch die Zahl der Abwendungen an der Grenze sowohl von Hell als auch von Dunkel. Während der Dressur geschahen die spontanen Abwendungen fast ausschließlich vor dem verbotenen Hell und traten häufiger auf als bei den Dressuren mit Erschütterung als unbedingtem Reiz (Tabelle 8 als Beispiel).

Tabelle 8. *Limnesia.* Zahl der spontanen Abwendungen an der Hell-Dunkel-Grenze bei Tier 2 während der Dressur auf Vermeidung von Hell durch Erschütterung und durch elektrischen Strafreiz.

Zeit in Min.	Erschütterungsstrafreiz Abwendungen von		Elektrischer Strafreiz Abwendungen von	
	H	D	H	D
1.—10. VD	2	5	2	1
1.—10. D	6	1	1	1
11.—20. D	6	—	8	—
21.—30. D	7	—	11	—
31.—40. D	3	—	12	—
41.—50. D	7	—	10	—
51.—60. D	4	—	12	—
1.— 5. ND	2	—	8	—
16.—20. ND	—	1	4	—
31.—35. ND	2	2	3	—

Vor der Dressur hielten sich die Milben durchschnittlich 260,6 Sek. im Hellen und 339,4 Sek. im Dunklen auf (Tabelle 9); das Verhältnis betrug also 1 : 1,33. Während der ersten 5 Min. nach der Dressur hatte sich dieses Verhältnis — bei Nichtberücksichtigung von Tier 4, das sich nach einer Dressurzeit von 40 Min. im erlaubten Dunkel festgesetzt hatte — auf 60,8 Sek. im Hellen und 239,2 Sek. im Dunkeln verschoben, d. h. es betrug jetzt 1 : 3,92. Die im erlaubten Dunkel verbrachte Zeit hatte sich also verdreifacht, und im Vergleich zum Durchschnittswert aller Hell-Dunkel-Versuche war beinahe sogar eine Vervierfachung eingetreten. Zwar verlangsamten die Tiere nach Aufhören der Bestrafungen ihre Bewegungen und setzten sich gelegentlich auch für wenige Sekunden zur Ruhe, doch hatte dies für das Ergebnis

Tabelle 9. *Limnesia.* Dressur auf Vermeidung von Hell mit elektrischem Strafreiz.

Tier	Aufenthaltszeiten in Sek. während der der Dressur vorausgehenden 10 Min. H : D	Kürzeste im Hell verbrachte Zeiten in Sek. während je 10 Min. der Dressur H : D	Angabe der Minuten, während welcher diese Aufenthaltszeiten erreicht wurden	Aufenthaltszeiten in Sek. während der ersten 5 Min. nach der Dressur H : D
1	253 : 347	164 : 436	51.—60.	68 : 232
2	249 : 351	139 : 461	51.—60.	24 : 276
3	356 : 244	176 : 424	51.—60.	98 : 202
4	223 : 377	65 : 535	11.—20.	—
6	242 : 358	97 : 503	31.—40.	53 : 247
Durchschnitt	265 : 335	128 : 472		61 : 239

selbst keine Bedeutung. Auch während der 31.—35. Min. nach Aufhören der Bestrafungen war noch ein deutlicher Lernerfolg zu erkennen. Unter Auslassung von Tier 4 und 6, die beide im erlaubten Dunkel zur Ruhe gekommen waren, hielten sich die Tiere jetzt durchschnittlich 101,3 Sek. im Hellen und 198,7 Sek. im Dunkeln auf, d. h. es bestand immer noch ein Verhältnis von 1: 1,97. Das durchschnittliche Ergebnis war also besser als dasjenige bei den entsprechenden Dressuren durch Erschütterung (vgl. Tabelle 5 und 9). Die Abwendungen an der Grenze vor dem verbotenen Hell waren bei allen 5 Milben häufiger als bei den Dressuren durch Erschütterungen (Tabelle 8 als Beispiel).

Bei der Mehrzahl der Tiere ergaben sich die besten im Dressursinne gelegenen Zeiten gegen Ende der Dressur (Tabelle 9). Bei Tier 4 trat die Bestzeit schon während der zweiten 10 Min. der Dressur auf; hierbei handelte es sich jedoch nicht um ein Zufallsergebnis, denn das betreffende Zahlenverhältnis wurde anschließend ungefähr beibehalten.

In Abb. 4 stellt Kurve a das Durchschnittsergebis dieser Dressuren dar. Das weitere Abklingen des Lernerfolges zeigt Kurve a_1 für Tier 2.

8. Versuchsreihe: Dunkel-Elektrischer Strafreiz, Hell-Strafreizfrei.

Auch bei Anwendung elektrischer Strafreize verliefen die Dressuren auf Vermeidung von Dunkel nicht so gut wie diejenigen auf Vermeidung von Hell. Am besten lernten Tier 2 und 6; die Zahl der Abwendungen an der Grenze vor dem verbotenen Dunkel war am größten bei Tier 6. Bei ihm erfolgten während der Dressur 62 Abwendungen von Dunkel und — trotz Strafens — 5 von dem erlaubten Hell. Bei den 4 anderen Tieren war die Zahl der Abwendungen geringer (Tabelle 10).

Vor der Dressur betrug das durchschnittliche Verhältnis der Aufenthaltszeiten in Hell und Dunkel 278: 322 Sek. = 1: 1,16. Während der ersten 5 Min. nach der Dressur hatte es sich ein wenig und zwar zu Gunsten von Hell geändert; es betrug jetzt 166: 134 Sek. = 1: 0,81. Während

Tabelle 10. *Limnesia.* Dressur auf Vermeidung von Dunkel mit elektrischem Strafreiz.

Tier	Aufenthaltszeiten in Sek. während der der Dressur vorausgehenden 10 Min. D : H	Kürzeste im Dunkel verbrachte Zeiten während je 10 Min. der Dressur D : H	Angabe der Minuten, während welcher diese Aufenthaltszeiten erreicht wurden	Aufenthaltszeiten in Sek. während der ersten 5 Min. nach der Dressur D : H
1	377 : 223	289 : 311	31.—40.	126 : 174
2	346 : 254	235 : 365	51.—60.	148 : 152
3	294 : 306	242 : 358	31.—40.	143 : 157
4	285 : 315	236 : 364	51.—60.	38 : 262[1]
6	308 : 292	152 : 448	1.—10.	119 : 181
Durchschnitt	322 : 278	231 : 369		134 : 166

[1] Tier hat im Dunkeln festgesessen.

der 31.—35. Min. hatte es sich wieder den Aufenthaltszeiten vor der Dressur genähert. Das Verhältnis betrug unter Auslassung von Tier 1, das im Hellen festsaß, 141: 159 Sek. = 1: 1,13. Während der Dressur erfolgten 279—590 (durchschnittlich 444) Grenzüberschreitungen.

Kurve b in Abb. 4 verläuft entsprechend den geringeren Dressurergebnissen nicht so tief unter der Mittellinie wie Kurve a.

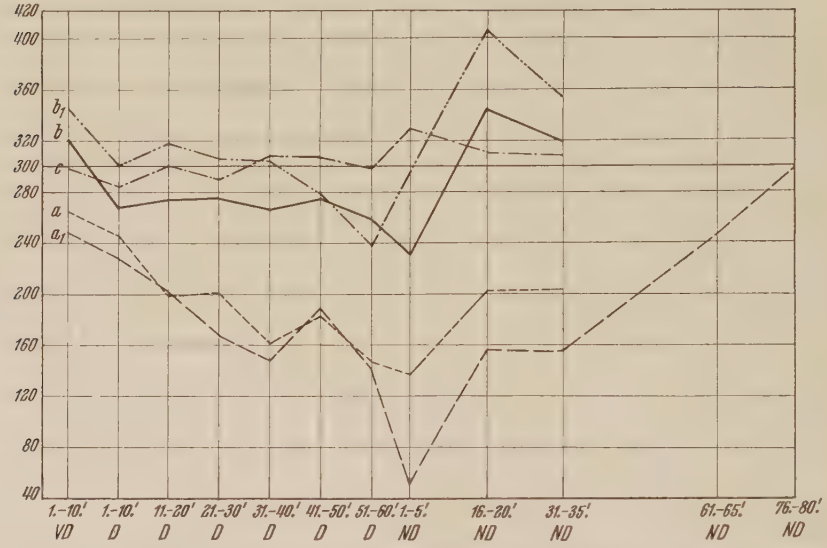


Abb. 4. *Limnesia.* Hell-Dunkel-Versuche mit elektrischem Strafreiz. Ordinate: Aufenthaltszeiten in Sekunden; Abszisse: Dressurzeit in Minuten. VD: vor der Dressur, D: während der Dressur, ND: nach der Dressur. Dressur auf Vermeidung a von Hell (Durchschnittswerte aller 5 Tiere), a_1 von Hell (Tier 2), b von Dunkel (alle 5 Tiere), b_1 von Dunkel (Tier 2); c Sensibilisierungsversuche (alle 5 Tiere).

9. Versuchsreihe: Sensibilisierungsversuche.

Auch bei dem elektrischen Strafreiz trat bei sämtlichen Tieren keine Sensibilisierung auf. Die Tiere hielten sich vor den Bestrafungen und unmittelbar danach ungefähr gleichlange im Hellen und Dunklen auf; im ersten Falle betrug das Verhältnis der Aufenthaltszeiten 300,2: 299,8 Sek. = 1: 1, und im zweiten Fall, d. h. während der ersten 5 Min. nach der Dressur, 165: 135 Sek. = 1: 0,82. Die Kurve der Sensibilisierungsversuche verläuft auch hier in einer unregelmäßigen Zickzacklinie im Bezirk des Mittelwertes, d. h. um 300 Sek. (Abb. 4, Kurve c, vgl. Abb. 2, Kurve c und Abb. 3, Kurve c).

IV. Hell-Dunkel-Versuche an *Hydryphantes ruber* mit Erschütterung als Strafreiz (10.—12. Versuchsreihe).

5 Angehörige von *Hydrophantes ruber* dressierte ich auf Vermeidung einerseits von Hell und andererseits von Dunkel, indem ich sie jeweils

im verbotenen Bezirk mit Erschütterung des Gefäßes strafte. Die Dressurzeit erhöhte ich bei diesen Tieren auf $1^1/_2$ Stunden und protokollierte für je 10 Min. die Aufenthaltszeiten in Hell und Dunkel, sowie die Anzahl der Grenzüberschreitungen. Vor der Dressur beobachtete ich diese

Tabelle 11. *Hydryphantes ruber.* Gelungene Dressuren auf Vermeidung von Hell.

Tier	Aufenthaltszeiten in Sek. während der der Dressur vorausgehenden 10 Min. H : D	Kürzeste im Hell verbrachte Zeiten während je 10 Min. der Dressur H : D	Angabe der Minuten, während welcher diese Aufenthaltszeiten erreicht wurden	Aufenthaltszeiten in Sek. während der ersten 5 Min. nach der Dressur H : D
1	339 : 261	121 : 479	71.—80.	114 : 186
2	300 : 300	203 : 397	51.—60.	118 : 182
3	358 : 242	159 : 441	71.—80.	87 : 213
Durchschnitt	332 : 268	161 : 439		106 : 194

Milben, ohne zu strafen, je 10 Min. und nach der Dressur weitere 3mal je 5 Min., nämlich das erste Mal unmittelbar nach Aufhören der Bestrafungen, die beiden folgenden Male während der 16.—20. bzw. 31.—35. Min.

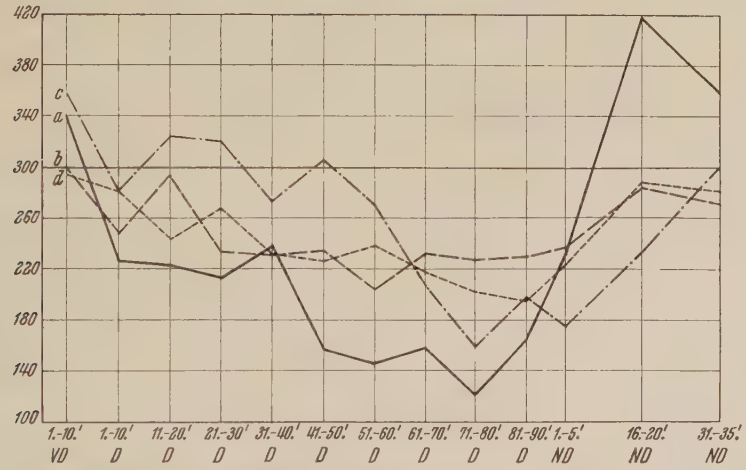


Abb. 5. *Hydryphantes.* Gelungene Hell-Dunkel-Versuche. Ordinate: Aufenthaltszeiten in Sekunden. Abszisse: Dressurzeit in Minuten. VD: vor der Dressur, D: während der Dressur, ND: nach der Dressur. Kurve a, b, c: Dressuren auf Vermeidung von Hell bei Tier 1 bzw. 2 und 3. Kurve d: Dressur auf Vermeidung von Dunkel bei Tier 4.

Die Milben schwammen lebhaft im Versuchsschälchen umher. Auf Erschütterung reagierten sie zunächst mit schnelleren Bewegungen, aber diese Reaktionen verloren sich bei dem weiteren Verlauf der Dressur. Im übrigen erwies sich Erschütterung, wie bei *Limnesia* (S. 204) als ein für die Dressur geeigneter Strafreiz.

Diese Versuche verliefen ähnlich wie diejenigen an *Limnesia*. Vor den Dressuren hielten sich die Milben etwa gleichlange im Hellen und im Dunklen auf. Das Durchschnittsverhältnis der Aufenthaltszeiten der 5 Tiere betrug bei sämtlichen Versuchen 308: 292 Sek. = 1: 0,95.

Von den Dressuren auf Vermeidung von Hell gelangen diejenigen mit Tier 1, 2 und 3 (Tabelle 11); diejenigen mit Tier 4 und 5 mißlangen, denn diese beiden letzteren hielten sich gegen Ende der Dressur und unmittelbar danach noch fast genau so lange im verbotenen Hell auf wie vor der Dressur. Vor der Dressur war das durchschnittliche Verhältnis der Aufenthaltszeiten in Hell und Dunkel bei den drei gelungenen Versuchen 332,3: 267,7 Sek. = 1: 0,81; dagegen betrug es während der ersten 5 Min. nach der Dressur 106,3: 193,7 Sek. = 1: 1,83. Es hatte sich also um etwas mehr als das Doppelte zugunsten von Dunkel geändert. Während der Dressur erfolgten 297—887 (durchschnittlich 662) Grenzüberschreitungen. Abb. 5 gibt die drei gelungenen Dressuren auf Vermeidung von Hell und die einzige gelungene Dressur auf Vermeidung von Dunkel wieder.

Eine Sensibilisierung konnte ich bei keinem der 5 Tiere feststellen. Vor den Versuchen betrug das Verhältnis der Aufenthaltszeiten in Hell und Dunkel 299,6: 300,4 = 1: 1. Während der ersten 5 Min. nach Aufhören der Bestrafungen hatte dieses Verhältnis sich kaum geändert. Es betrug jetzt 136,8: 163,2 = 1: 1,2 und während der 31.—35. Min. nach der Dressur 143,4: 156,6 = 1: 0,9.

V. Seitendressuren an Juliden.

Von den 20 Versuchstieren gehörten 4 (Tier 1—4) zu *Oncoiulus foetidus*, die übrigen 16 zu *Cylindroiulus teutonicus*[1]. Sie stammten aus dem Garten des Institutes. Ihre Länge betrug 2—3 cm. Ich hielt sie einzeln in Petri-Schälchen, in denen sich feuchte Erde und Kompost befanden. Als Nahrung dienten faulende Salatblätter. Während des Versuches liefen die Tiere gleichmäßig umher und benötigten daher keinen Antrieb; jedoch waren die Angehörigen von *Oncoiulus* etwas flinker als die anderen Individuen.

Die Versuchsanordnung bestand in einem T-förmigen Wahlapparat, dessen Längskanal 7 cm und dessen beide Querkanäle 5 cm lang waren (s. Bock, S. 619). Die Breite der drei Kanäle betrug 0,5 cm. Sie war für alle Tiere geeignet. Auch hier führte ich nur Einzelversuche durch. Dazu setzte ich das betreffende Individuum vorsichtig mit Hilfe eines Stückes Fließpapiers in jene Verbreiterung der Apparatur, die in den unpaaren Längskanal hineinführte. Zunächst lag es bewegungslos eingerollt da, fing aber bald an, sich in Bewegung zu setzen und lief dann rasch vorwärts, indem oft eine der beiden Antennen mit der einen Seitenwand in Berührung trat, während die andere den mit feuchtem Fließpapier ausgelegten Boden abtastete. Kam das Tier an die Gabelstelle, ergaben sich für das Weiterlaufen 3 Mög-

[1] Herrn Dr. K. Verhoeff (München-Pasing) danke ich für die Bestimmung dieser Tiere.

lichkeiten: entweder es bog sofort, ohne die Querwand erreicht zu haben, nach einer Seite ein, und zwar meistens nach derjenigen, mit der es zuletzt Fühlung mit der einen Antenne gehalten hatte, oder es stieß gegen die Querwand an und entschied sich sofort für die eine Seite, oder aber diese Entscheidung geschah erst nach einigem Suchen, was vor der Dressur aber nicht häufig war.

Als Strafreiz wählte ich das Berühren der Antennen und des Kopfes mittels eines Pinsels. Die Bestrafung erfolgte, wenn die Tiere mit dem vorderen Drittel ihres Körpers sich im verbotenen Schenkel befanden; sie hatten sich dann schon deutlich für die betreffende Richtung entschieden, konnten sich aber noch leicht zur anderen Seite wenden. Die Tiere reagierten auf den Strafreiz, indem sie zunächst den Kopf einrollten, ihn bald darauf aber wieder suchend vorstreckten und mit den Antennen die betreffende Stelle der Apparatur abtasteten. Kamen sie so nach der erlaubten Seite, hörte ich mit dem Strafen auf; versuchten sie aber in der ursprünglichen Richtung weiterzulaufen, wurden sie abermals in der genannten Weise bestraft.

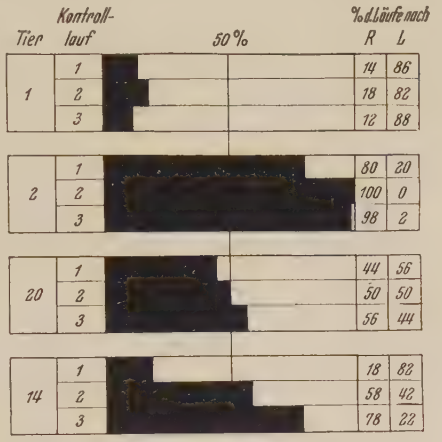


Abb. 6. *Juliden.* Die vier Möglichkeiten des Verhaltens der Tiere bei den Kontrolläufen. 1 Linksläufigkeit, 2 Rechtsläufigkeit, 20 Seitenindifferenz, 14 Seitenwechsel. Tier 1 und 2 gehörten zu *Oncoiulus*. Tier 20 und 14 zu *Cylindroiulus*.

Zunächst ließ ich sämtliche Tausendfüßler an 3 verschiedenen Tagen je 50mal durch den Wahlapparat laufen. Sie benötigten für eine solche Laufserie 30—40 Min. Sämtliche 4 Angehörige von *Oncoiulus* bevorzugten die eine Seite, und zwar war eines linksläufig, und drei waren rechtsläufig (Tabelle 14 und 16). Unter den 16 Angehörigen von *Cylindroiulus* waren vier linksläufig und nur eines war rechtsläufig. 9 Tiere erwiesen sich als seitenindifferent (Tabelle 15) und zwei als seitenwechselnd (Tier 8 und 14). Linksläufig nenne ich diejenigen Individuen, bei denen der Durchschnittswert für die drei Vorversuche mindestens 70% Linksläufe ergab, wobei von den einzelnen Versuchen keine Laufserie weniger als 60% Linksläufe aufweisen durfte (Abb. 6, Tier 1). Für die Rechtsläufigkeit galten die entsprechenden Bedingungen (Tier 2). Seitenindifferent wurden jene Exemplare genannt, die keine der beiden Seiten wesentlich bevorzugten, so daß das Durchschnittsverhältnis der Läufe den für eine Seitenläufigkeit geforderten Bedingungen nicht genügte (Tier 20). Die betreffenden Werte lagen dann für die Links- bzw. Rechtsläufe zwischen 30 und 70%. Die beiden seitenwechselnden Tiere bevorzugten bei verschiedenen Laufserien in deutlicher Weise verschiedene Richtungen; sie kamen deswegen für die Dressuren nicht in Betracht (Tier 14).

Unmittelbar vor der Dressur ließ ich die Tausendfüßler noch 10mal hintereinander durch den Wahlapparat laufen, um festzustellen, ob ihre

Seitentendenz sich nicht geändert hatte. Alsdann dressierte ich die linksläufigen Tiere auf Vermeidung von Links, die rechtsläufigen entsprechend auf Vermeidung von Rechts. Mit den seitenindifferenten Tieren führte ich je 2 Versuchsreihen durch, nämlich einmal eine Dressur auf Vermeidung von Links, sowie ferner eine solche auf Vermeidung von Rechts. Alle Dressuren gelangen mit Ausnahme der beiden Dressuren bei dem seitenindifferenten Tier 17. Ein Unterschied zwischen den

Tabelle 12. *Oncoiulus*. Dressur auf Vermeidung von Links bei Tier 1.

Lauf Nr.	Laufgruppe																	
	1	2	3	4	5	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		=						O		■		=	■	O	O	:		:
2											O				■	■	:	■
3			:		:					O		:	■	:	■	O	O	:
4						:						:		O	:	:	■	:
5										:	:		:		O	■	:	■
6	:			:						=			=	:	:	O	■	:
7										:	=	O		■	O		:	:
8											O		O	O	:	O	■	■
9			:								O	:		■		■	:	
10										O	O	O		:	O	:	:	:
	50					10												

Kontrollläufe vor der Dressur — Dressur

Leeres Feld: Lauf nach der verbotenen Seite
= Suchen und Lauf nach der verbotenen Seite
} vor der Dressur ohne nachfolgenden Strafreiz, während der Dressur mit nachfolgendem Strafreiz.

: Lauf nach der erlaubten Seite
O Suchen und Lauf nach der erlaubten Seite
■ Einbiegung nach der verbotenen Seite und spontane Umkehr nach der erlaubten Seite.

beiden verwendeten Arten bestand darin, daß die 4 Vertreter von *Oncoiulus* die Vermeidung des linken bzw. des rechten Laufkanals sehr gut erlernten, während bei den Vertretern von *Cylindroiulus* sich nur bei einem Individuum (Tier 9) ein so großer Erfolg erzielen ließ (Näheres über die Bewertung s. u.).

Zunächst zeigten fast alle Tiere bei der Dressur während der ersten 30 Läufe eine deutliche Vorliebe für den verbotenen Schenkel, an dessen Beginn sie jedesmal bestraft wurden (s. Abb. 7 und 8, Tabelle 12; vgl. die gleiche Beobachtung von Bock, S. 599 an *Asellus*). Als Dressurerfolg erkannte ich dreierlei Verhaltensformen an: 1. ein häufigeres Suchen der Tiere an der Gabelstelle mit Antennen und Kopf, bevor sie sich endgültig nach einer der beiden Seiten hinwandten (Zeichen in Tabelle 12

und 13: Suchen und Lauf nach der verbotenen Seite =, Suchen und Lauf nach der erlaubten Seite O), 2. spontane Abwendungen vor dem verbotenen Laufkanal ohne Strafreiz (Zeichen ■) und 3. Zunahme der Läufe nach dem erlaubten Schenkel ohne Strafreiz (Zeichen :, O, ■). Die Tiere bogen bei den spontanen Abwendungen zunächst in den verbotenen Schenkel ein, hielten aber plötzlich an jener Stelle, wo sie bisher bestraft worden waren, mit dem Vorwärtseilen inne, schoben sich dann wieder zurück und wandten sich sofort der anderen Seite zu. Dieses Verhalten betrachtete ich als den größten Erfolg, denn die Tausendfüßler hatten

Tabelle 13. *Oncoiulus.* Dressur auf Vermeidung von Rechts bei Tier 2.

Lauf Nr.	Laufgruppe																	
	1	2	3	4	5	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1										=		=	:	=		:	:	:
2		O									:	:	:	:	O	O	:	:
3											:		O	:	O	O	:	:
4											:		:	:	:	■	:	:
5									=	:	=	O	:	:	O	:	:	O
6									=			O	:	:	:	:	:	:
7									O	=	:	:		:	O	=	:	:
8									:		:	:	:	:	:	:	:	:
9											O	O	:	:	:	:	:	O
10									=		O	O	:		:	O	:	:

50 Kontrolläufe vor der Dressur | 10 | Dressur

Erklärung siehe Tabelle 12.

nicht nur gelernt, daß die betreffende Seite für sie verboten war, sondern sie lokalisierten den Strafreiz auch genau an jene Stelle, an der er vorher erteilt worden war. Der letztgenannte größte Dressurerfolg trat nicht bei allen Individuen auf. Das Dressurergebnis bewertete ich folgendermaßen: Ich errechnete die Prozentzahl jener Läufe, die vor der Dressur, wie auch jener Läufe, die während der letzten 30 Dressurläufe nach der erlaubten Seite hin ausgeführt wurden. Die Differenz zwischen der zweiten und der ersten Zahl gab den Dressurerfolg wieder. Das Ergebnis nannte ich „sehr gut", wenn die Zunahme der ohne Bestrafung zur erlaubten Seite ausgeführten Läufe über 50% lag, „gut", wenn die Zunahme 50—25% betrug, und „mäßig", wenn es sich um 24—19% handelte.

13. Versuchsreihe: Dressur auf Vermeidung von Links.

Von den 5 linksläufigen Exemplaren gehörte eines zu *Oncoiulus*, vier gehörten zu *Cylindroiulus* (Tabelle 14). Das erstgenannte Tier sowie eines

von *Cylindroiulus* lernten sehr gut; denn die Zunahme der ohne Bestrafung ausgeführten Hinwendungen nach rechts betrug 76 bzw. 52%. Einen guten Dressurerfolg, d. h. eine Zunahme derartiger nach rechts gerichteten Läufe um mehr als 25% erzielte ich bei zwei Angehörigen von *Cylindroiulus*; nur mäßig lernte Tier 5. Bei den neun seitenindifferenten

Tabelle 14. *Juliden.* Dressur der linksläufigen Tiere auf Vermeidung von Links. Alle Zahlen in Prozent.

Tier	Art	Ohne Bestrafung ausgeführte Läufe nach rechts		Zunahme	Bewertung
		vor der Dressur	während des 91.—120. Laufes der Dressur		
1	*Onc.*	14	90	76	sehr gut
5	*Cyl.*	10	29	19	mäßig
9	*Cyl.*	16	68	52	sehr gut
13	*Cyl.*	30	67	37	gut
19	*Cyl.*	26	72	46	gut
Durchschnitt		19,2	65,2	46	gut

Tabelle 15. *Cylindroiulus.* Dressur der seitenindifferenten Tiere. Alle Zahlen in Prozent.

Tier	Ohne Bestrafung ausgeführte Läufe						Bewertung der beiden Dressuren
	nach links			nach rechts			
	vor der Dressur	während des 91.—120. Laufes der Dressur	Zunahme	vor der Dressur	während des 91.—120. Laufes der Dressur	Zunahme	
6	66	80	14	34	53	19	mäßig
7	52	73	21	48	67	19	mäßig
10	62	90	28	38	73	35	gut
11	54	83	29	46	73	27	gut
12	50	79	29	50	76	26	gut
15	50	74	24	50	70	20	mäßig
16	58	87	29	42	70	28	gut
20	50	90	40	50	86	36	gut
Durchschnitt	55,3	82	26,7	44,8	71	26,2	gut

Tausendfüßlern war der Erfolg deshalb nicht so deutlich, weil sie schon von vornherein häufiger nach rechts liefen als die linksläufigen Tiere (Tabelle 15). Immerhin lernten 5 Individuen gut; bei ihnen vermehrten sich die in Frage kommenden Linksläufe um 28—40%. Dagegen war bei drei weiteren Tieren der Erfolg nur mäßig: denn hier betrug die Zunahme jener Linksläufe weniger als 25%. Die Dressur bei Tier 17 mißlang, da mit Beginn der Dressur sich die Rechtsläufe um die Hälfte verringerten und die Anfangszahl auch gegen Ende der Dressur nicht wieder erreicht wurde.

Als Beispiel für die Dressuren auf Vermeidung von Links gibt Tabelle 12 die als sehr gut gelungen bezeichnete Dressur von Tier 1 wieder (vgl. Abb. 7 und Abb. 8, Kurve a). Bei den drei an verschiedenen Tagen vor der Dressur vorgenommenen, aus je 50 Einzelläufen bestehenden Kontrollen erwies sich das Tier jedesmal als linksläufig. Es lief 36—43 (durchschnittlich 39) mal ohne jedes Zögern oder Stutzen nach links. 1—7 (durchschnittlich 3,7) mal entschied es sich erst für links, nachdem es mit seinem Vorderende gesucht hatte oder nachdem es schon nach rechts eingebogen war. 6—8 (durchschnittlich 7) mal lief es nach rechts. In Tabelle 12 und Abb. 8 sind aus Raumgründen nur die am 3. Tage ausgeführten Läufe dargestellt. Das Ergebnis dieses Tages liegt bezüglich der Zahl der Rechtsläufe in der Mitte zwischen dem Ergebnis der beiden anderen Tage. Unmittelbar vor der Dressur ließ ich das Tier, ohne zu strafen, noch weitere 10mal durch den Wahlapparat laufen, um mich zu vergewissern, daß es seine Linksläufigkeit beibehalten hatte. Auch diese 10 Läufe finden sich in Tabelle 12 und Abb. 8. Bei diesen 10 Läufen wandte es sich 9mal nach links und einmal nach rechts. Bei den folgenden Läufen strafte ich das Tier jedesmal, wenn es mit dem vorderen Drittel seines Körpers nach links eingebogen war. Zunächst hatten diese Bestrafungen keinen Erfolg, denn es lief nun während der ersten 30 Läufe fast ausschließlich nach dem verbotenen Links und konnte erst durch mehrmalige Bestrafungen von dieser Laufrichtung abgebracht werden. Demgemäß fällt Kurve a in Abb. 8 (vgl. die entsprechenden Beobachtungen von Bock an Asseln). Dann aber trat allmählich der Dressurerfolg ein, denn jetzt geschahen immer häufigere Hinwendungen zum rechten Schenkel (vgl. das Ansteigen der Kurve a). Bei dem 91.—120. Lauf trat je Laufgruppe nur noch ein Lauf nach links auf, aber auch dann genügte

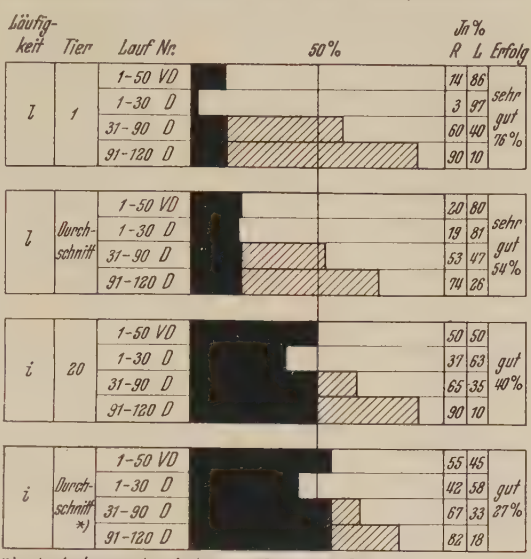


Abb. 7. *Juliden.* Zunahme der ohne Bestrafung ausgeführten Rechtsläufe infolge Dressur auf Vermeidung von Links bei dem linksläufigen (l) Tier 1 und bei dem seitenindifferenten (i) Tier 20, ferner die Durchschnittserfolge bei den linksläufigen und seitenindifferenten Tieren. VD: vor der Dressur, D: während der Dressur. ▨ Zunahme der Läufe nach rechts infolge Dressur, ▬ Läufe nach rechts während der Kontrollversuche, ▭ bestrafte Läufe nach links während der Dressur. Alle Angaben in Prozent.

eine geringfügige Berührung, so daß sich das Tier nach rechts wandte. Der Dressurerfolg ist bei diesem Individuum erheblich, denn während es im unbeeinflußten Zustande fast ausschließlich nach links lief, wandte es sich in der 2. Hälfte der Dressurzeit fast nur noch nach rechts. Hierbei waren spontane Abwendungen vom verbotenen linken Schenkel als größter Dressurerfolg zu werten; sie traten während der gesamten Dressur 16mal auf (Tabelle 12, Zeichen ■). Hinwendungen zum erlaubten rechten Schenkel nach vorherigem Suchen geschahen 21mal (Zeichen O). Viermal wandte sich das Tier, nachdem es vorher die Gabelstelle abgesucht hatte, nach links und mußte gestraft werden, damit es nach dem erlaubten Rechts lief (Zeichen =). Im ganzen wäre das Tier 51mal durch den linken Schenkel gelaufen, wenn es nicht durch Strafen daran gehindert worden wäre; von dieser Zahl entfallen — dem zunehmenden Lernerfolg entsprechend — 29 auf die ersten 30 Läufe, 17 auf den 31.—70. Lauf und nur 6 auf den 71.—120. Lauf. Der Erfolg war noch größer, als Tabelle 12 ihn wiedergibt, weil die Anzahl der Bestrafungen nicht angeführt werden konnte, die in den einzelnen Fällen nötig war, um den Tausendfüßler zu einem Lauf nach dem erlaubten rechten Schenkel zu veranlassen. Bei Dressurbeginn waren im allgemeinen etwa 3—5 kräftigere Berührungen nötig; später genügte oft eine einzige schwache Berührung, um die Tiere, wenn sie in den verbotenen Schenkel eingebogen waren, zur Umkehr zu veranlassen. Abb. 7 und Kurve a' der Abb. 8 geben das bei den 5 linksläufigen Individuen gewonnene Durchschnittsergebnis wieder.

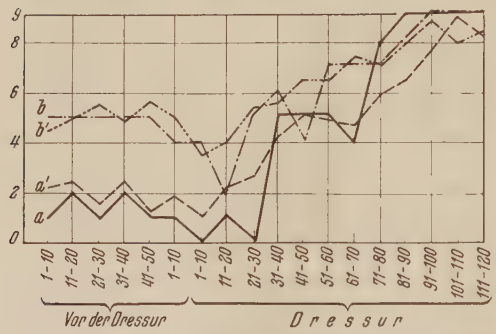


Abb. 8. *Juliden.* Dressur auf Vermeidung von Links. Zunahme der ohne Bestrafung ausgeführten Rechtsläufe: a bei dem linksläufigen Tier 1, a' Durchschnitt der 5 linksläufigen Tiere, b bei dem seitenindifferenten Tier 20, b' Durchschnitt der bei 8 seitenindifferenten Tieren gelungenen Dressuren. Ordinate: Anzahl der Läufe nach rechts; Abszisse: Gesamtzahl der Läufe.

20, 60 und 180 Minuten nach der Dressur ließ ich Tier 1, ohne zu strafen, wieder je 50mal durch den Wahlapparat laufen. Bei der ersten Prüfung wandte sich das Tier 32mal nach rechts und 18mal nach links. Bei der zweiten und dritten Prüfung betrug das Verhältnis 29:21 bzw. 27:23. Die andressierte Bevorzugung von Rechts nahm also nur langsam ab. An diese dritte Laufserie schloß sich bei Tier 1 sofort eine Dressur auf Vermeidung von Rechts an. Jetzt war also die ursprünglich bevorzugte Seite die erlaubte. Bei dieser Dressur nahmen nach den ersten Bestrafungen die Linksläufe erheblich zu. Hier erreichte ich bedeutend schneller einen Erfolg als bei der ersten Dressur. Schon nach zwei bestraften

Rechtsläufen hatte sich die ursprüngliche Bevorzugung von Links wiederhergestellt, und zwar wandte sich das Tier bei insgesamt 89 Läufen 65mal nach links, darunter befanden sich 7 ausgesprochene Abwendungen von Rechts (vgl. Zeichen ■ in Tabelle 12), und nur 24mal begab es sich nach rechts. Im letzteren Falle veranlaßte ich das Tier jedesmal durch Strafen zur Umkehr.

Abb. 7 sowie Abb. 8, Kurve b und b' veranschaulichen die Dressur des seitenindifferenten Tieres 20 und das Durchschnittsergebnis der bei 8 seitenindifferenten Exemplaren gelungenen Dressuren. Zum Schluß dieser Dressuren ist die Zahl der ohne Bestrafung ausgeführten Rechtsläufe praktisch die gleiche wie bei den linksläufigen Tieren (Abb. 7 und 8, Kurve a und a'); die Zunahme dieser Läufe ist aber darum eine geringere, weil die seitenindifferenten Individuen von vornherein zahlreichere Rechtsläufe ausführten als die linksläufigen. Auch bei den Kurven b und b' fällt ein Absinken während der ersten 30 Dressurläufe auf.

14. Versuchsreihe: Dressur auf Vermeidung von Rechts.

Zu diesen Versuchen zog ich die vier rechtsläufigen (Tabelle 16) und die neun seitenindifferenten Tausendfüßler (Tabelle 15) heran.

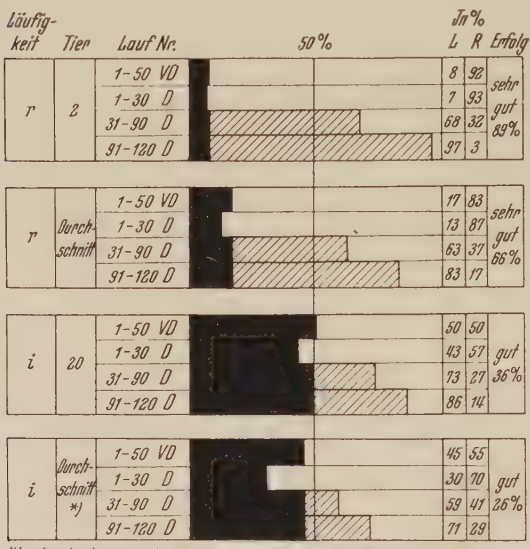
Der Erfolg war hier der gleiche wie bei den Dressuren auf Vermeidung von Links (Abb. 9). Von den rechtsläufigen Tieren lernten drei sehr gut, eines lernte gut (Tabelle 16). 8 seitenindifferente Individuen lernten den rechten Schenkel ebenso zu meiden wie den linken, so daß die Erfolge bei den einzelnen Exemplaren die gleiche Bewertung erhalten konnten (Tabelle 15). Die Dressur bei Tier 17 mißlang auch hier. Tabelle 13 und Abb. 9 und 10 veranschaulichen mehrere Beispiele sowie die Durchschnittsergebnisse dieser Dressuren.

Während der Dressur auf Vermeidung von Links betrug die Schwankungsbreite des Dressurerfolges bei den linksläufigen Tieren 19—76, durchschnittlich 46%, bei den seitenindifferenten Tieren 14—40, durchschnittlich 26,7%. Während der Dressur auf Vermeidung von Rechts

Tabelle 16. *Juliden.* Dressur der rechtsläufigen Tiere auf Vermeidung von Rechts. Alle Zahlen in Prozent.

Tier	Art	Ohne Bestrafung ausgeführte Läufe nach links		Zunahme	Bewertung
		vor der Dressur	während des 91.—120. Laufes der Dressur		
2	*Onc.*	8	97	89	sehr gut
3	*Onc.*	22	83	61	sehr gut
4	*Onc.*	8	77	69	sehr gut
18	*Cyl.*	30	73	43	gut
Durchschnitt		17	82,4	65,4	sehr gut

betrug sie bei den rechtsläufigen Individuen 43—89, durchschnittlich 65,5%, bei den seitenindifferenten 19—36, durchschnittlich 26,2%. Die Schwankungsbreite war also bei den seitenläufigen Tieren erheblich größer als bei den seitenindifferenten. Bei den letzteren war das Ergebnis der beiden Dressuren (Tabelle 15) jeweils außerordentlich ähnlich. Hier betrug die Schwankungsbreite nur 1—7, im Durchschnitt 3,8%.



*) unter Auslassung der misslungenen Dressur bei Tier 17.

Abb. 9. *Juliden.* Zunahme der ohne Bestrafung ausgeführten Linksläufe infolge Dressur auf Vermeidung von Rechts bei dem rechtsläufigen (r) Tier 2 und dem seitenindifferenten (i) Tier 20, ferner die Durchschnittserfolge der rechtsläufigen und der seitenindifferenten Tiere. VD: vor der Dressur, D: während der Dressur, ▨ Zunahme der Läufe nach links infolge der Dressur, ▬ Läufe nach links während der Kontrollversuche, ▭ bestrafte Läufe nach rechts während der Dressur. Alle Angaben in Prozent.

Tabelle 13 gibt für Tier 2 die Dressur in der gleichen Weise wieder wie Tabelle 12 die Dressur auf Vermeidung von Links für Tier 1 (vgl. auch Abb. 10, Kurve a). Hier treten während der ersten 40 Läufe trotz dauernden Strafens nur 3 Hinwendungen zu dem erlaubten linken Schenkel auf. Erst danach setzte der Erfolg ein, indem sich das Tier immer häufiger nach dem erlaubten linken Schenkel wandte. Während der letzten 30 Läufe der Dressur lief es überhaupt nur einmal nach dem verbotenen Rechts.

20, 60 und 240 Min. nach Dressurende ließ ich auch diesen Tausendfüßler ohne Bestrafungen je 50mal durch den Wahlapparat laufen. Zur erstgenannten Zeit betrug das Verhältnis der Rechts- und Linksläufe 47:3, in den beiden anderen Fällen 42:8 bzw. 40:10. Auch hier klang der Dressurerfolg nur langsam ab. Unmittelbar an die letzte Laufserie anschließend dressierte ich das Tier auf Vermeidung von Links. Der ursprünglich von ihm bevorzugte Schenkel war also jetzt der erlaubte. Trotzdem wurden durch die Erteilung der Strafreize im linken Schenkel zunächst vermehrte Hinwendungen nach dieser Richtung erzielt. Während der ersten 30 Läufe wandte sich das Tier überhaupt nur einmal sofort nach dem erlaubten Rechts. Danach aber lernte es, den linken Schenkel mit dem Strafreiz und den rechten Schenkel mit Straflosigkeit zu assoziieren, so daß dann die Zahl der Hinwendungen nach dem verbotenen linken Schenkel sich verringerte, die nach dem erlaubten

Rechts sich aber entsprechend vermehrten. Von den folgenden 31 Läufen geschahen 21 nach rechts. Das Tier versuchte also nur noch durchschnittlich bei jedem 3. Lauf in den verbotenen linken Schenkel einzubiegen.

Auch noch in 2 anderen Fällen nahm ich eine solche Umdressur vor. Bei Tier 3 erreichte ich ebenfalls erst dann einen Erfolg, nachdem zuvor auch hier während der ersten 30 Läufe vermehrte Hinwendungen nach dem jetzt verbotenen linken Schenkel erfolgt waren; dort mußte jedesmal gestraft werden. Bei Tier 4 trat der Erfolg dagegen gleich zu Beginn der Umdressur ein; das Gleiche war bei Tier 1 während der Umdressur geschehen. In den letzteren beiden Fällen wurde also ohne Verzögerung gelernt, daß der ursprünglich bevorzugte Schenkel jetzt wieder erlaubt war.

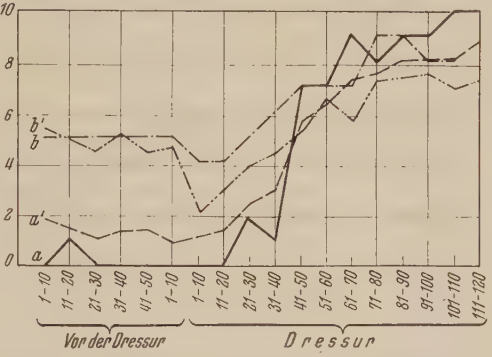


Abb. 10. *Juliden.* Dressur auf Vermeidung von Rechts. Zunahme der ohne Bestrafung ausgeführten Linksläufe: a bei dem rechtsläufigen Tier 2, a' Durchschnitt der 4 rechtsläufigen Tiere, b bei dem seitenindifferenten Tier 20, b' Durchschnitt der bei 8 seitenindifferenten Tieren gelungenen Dressuren. Ordinate: Anzahl der Läufe nach links; Abszisse: Gesamtzahl der Läufe.

Die geschilderten Dressuren auf Vermeidung von Links und Rechts beruhen auf echter Assoziationsbildung. Von einer Sensibilisierung „für Links bzw. Rechts" kann man nicht reden; dies verbietet sich allein schon angesichts der mit den seitenindifferenten Tieren gewonnenen Ergebnisse. Diese Tiere verhielten sich durchaus dem jeweiligen Dressurziel gemäß; eine Sensibilisierung würde aber immer nur in ein und derselben Richtung wirken können (vgl. meine Befunde an *Cyclops*).

VI. Aufwärtsdressur an Juliden.

Zu diesen Versuchen standen die gleichen Tiere zur Verfügung wie bei den Seitendressuren. Lediglich das zu *Cylindroiulus* gehörende Tier 5, das mittlerweile eingegangen war, ersetzte ich durch einen Vertreter von *Oncoiulus* (Tier 21).

Diese Versuche hatten mit den Seitendressuren gemeinsam, daß die Tiere auch hier zwischen zwei Wegen zu wählen hatten; jedoch handelte es sich hier um einen oberen und einen unteren Laufkanal, die in einem Winkel von 10° nach oben bzw. nach unten führten, so daß sie zusammen einen Winkel von 20° einschlossen. Der Abstand vom Ende des horizontalen Hauptkanals bis zum Beginn des oberen und des unteren Wahlkanals betrug je 4 mm (vgl. Bock, S. 629). Diese Entfernung war nötig, damit die Tausendfüßler nach unten laufen konnten, ohne an den oberen Kanal zu stoßen. Der Boden der drei Laufkanäle war auch hier mit feuchtem Fließpapier ausgelegt.

An 3 verschiedenen Tagen ließ ich jedes Individuum ebenso wie bei den Seitendressuren je 50mal, ohne zu strafen, durch den Wahlapparat laufen. Die Tiere wandten sich bei allen Läufen, ohne zu zögern oder zu suchen, dem unteren Laufschenkel zu. Ich konnte keinen Lauf in den oberen Kanal hinein beobachten. Es war also nur eine Dressur auf Vermeidung von unten möglich; sie mußte entgegen einer starken Tendenz angestellt werden. Entsprechend war die Bewertung der Erfolge eine etwas andere als bei den Seitendressuren. Hier hieß ein Ergebnis bereits „gut", wenn die Zahl der ohne Bestrafung ausgeführten Aufwärtsläufe (Tabelle 17, Zeichen :, O, ■) mindestens 21% der Gesamtläufe betrug. Ein Erfolg wurde „mäßig" genannt, wenn die betreffende Zahl zwischen 20 und 11% lag und „gering", wenn es sich um 10—5% handelte.

Tabelle 17. *Oncoiulus*. Aufwärtsdressur bei Tier 1.

Lauf Nr.	Laufgruppe															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		×	×		O			:	=					=	:	
2		=	×					O					=		:	:
3	=	×	=		:				=		:	:		=		:
4	×	×		O	:	:		×				:			:	=
5	×	×		×	=		=	=					=		:	:
6	×									:	:	=	=	:	O	:
7		×				:		=		:		O	:	=	=	E
8	=	=						O		=	:	:	=		:	
9	×					■						O	=		:	
10	×			O						O			:	:		

Leeres Feld: Lauf nach unten, Strafreiz, anschließend Lauf nach oben.
× Lauf nach unten, Strafreiz, Suchen und mit Nachhilfe Lauf nach oben.
= Suchen und Lauf nach unten, Strafreiz, anschließend Lauf nach oben.
: Lauf nach oben.
O Suchen und Lauf nach oben.
■ Spontane Abwendung von unten und Lauf nach oben.
E Ende der Dressur.

Als Strafreiz wählte ich auch hier Berührung; diese erfolgte dann, wenn die Tiere mit dem Kopf und den nächstfolgenden Segmenten die Gabelstelle passiert und sich nach unten gewandt hatten. Die Angehörigen von *Cylindroiulus* reagierten, indem sie den Kopf einrollten oder sich zur Seite bogen. Fast immer waren mehrere (3—7) Berührungen nötig, bevor sie sich wieder in den Horizontalkanal zurückschoben. Für sie war es sehr schwer, den oberen Laufkanal zu finden, da sie zwar seitlich und nach unten, aber nur selten nach oben Suchbewegungen ausführten. Dies beeinträchtigte den Erfolg der Dressuren stark. Die Angehörigen

von *Oncoiulus* reagierten auf ein- oder mehrmalige Berührungen, indem sie sich zurückschoben und die vordere Körperregion in die Höhe streckten. Sie konnten dadurch viel leichter den für sie erlaubten oberen Laufkanal finden. Allerdings mußte ich auch diesen Tieren während der ersten 30 Läufe des öfteren behilflich sein, den richtigen Weg zu finden, da sie, nachdem sie sich in die Höhe gewandt hatten, mehr seitlich als nach vorne suchten. Hierzu genügte ein leichtes Hinführen mittels des Pinsels (Tabelle 17, Zeichen ×). Der Erfolg der Dressuren war dementsprechend bei *Oncoiulus* ein größerer. Tabelle 17 gibt die bestgelungene Dressur wieder (Tier 1). Hier erzielte ich einen Erfolg von 26% Aufwärtsläufen. Ein anderer Vertreter von *Oncoiulus* lernte ebenfalls gut, die 3 übrigen lernten mäßig (Tabelle 18).

Tabelle 18. *Juliden.* Gelungene Aufwärtsdressuren. Ohne Bestrafung ausgeführte Aufwärtsläufe in Prozent der Gesamtläufe während der Dressur. Vor der Dressur geschah niemals ein Aufwärtslauf.

Tier	Art	Aufwärtsläufe in %	Bewertung	Tier	Art	Aufwärtsläufe in %	Bewertung
1	*Onc.*	26	gut	11	*Cyl.*	7	gering
2	*Onc.*	18	mäßig	12	*Cyl.*	7	gering
3	*Onc.*	11	mäßig	13	*Cyl.*	8	gering
4	*Onc.*	21	gut	14	*Cyl.*	5	gering
7	*Cyl.*	6	gering	16	*Cyl.*	6	gering
9	*Cyl.*	10	gering	18	*Cyl.*	7	gering
10	*Cyl.*	8	gering	21	*Onc.*	14	mäßig

Bei 7 Angehörigen von *Cylindroiulus* war nur ein geringer Dressurerfolg zu erreichen, und bei den 6 weiteren Individuen mußte ich die Versuche sogar vorzeitig abbrechen, da sie den oberen Laufkanal erst nach häufigen Bestrafungen fanden und sich infolge der vielen Berührungen im Horizontalkanal einrollten und dann nur noch schwer zur Weiterbewegung zu veranlassen waren. Eine Dressur mit solchen Tieren war nicht mehr möglich.

Aus Analogie zu den Seitendressuren muß geschlossen werden, daß auch bei den Aufwärtsdressuren Sensibilisierung keine Rolle spielt.

VII. Zusammenfassung.

1. *Cyclops insignis* wird durch wahllos gesetzte Erschütterungsreize gegenüber Hell sensibilisiert, so daß die Tiere dieses meiden.

2. Versucht man, *Cyclops* durch Erschütterungsstrafreize auf Vermeidung von Hell zu dressieren, so ergeben sich für die Aufenthaltszeiten in Hell und in Dunkel Zahlenwerte, die mit den bei den Sensibilisierungsversuchen gewonnenen übereinstimmen; dies bedeutet, daß der Lernvorgang durch Sensibilisierung vollständig überdeckt wird.

3. Durch Dressur auf Vermeidung von Dunkel mittels Erschütterungsstrafreize wurde die Hälfte der Versuchstiere veranlaßt, Hell zu bevorzugen; hier war die Lernfähigkeit von größerem Einfluß als die Sensibilisierung. Allerdings waren die für den Aufenthalt im Hellen gewonnenen Zahlenwerte geringer als die bei den Sensibilisierungsversuchen für den Aufenthalt im Dunkeln erzielten; hierin machte sich die Sensibilisierung geltend, die in diesem Fall dem Lernvorgang entgegenwirkte. Bei den anderen Tieren blieb das Verhältnis der Aufenthaltszeiten 1 : 1; hier hielten sich Sensibilisierung und Lernvorgang die Wage.

4. Die Wassermilben *Limnesia maculata* und *fulgida* ließen sich durch Erschütterungsstrafreize besser auf Vermeidung von Hell als von Dunkel dressieren.

5. Bei Anwendung von elektrischen Strafreizen war der Lernerfolg während der Dressuren auf Vermeidung von Hell durchschnittlich größer als bei Erschütterungsstrafreizen.

6. Auch die Wassermilbe *Hydryphantes ruber* kann durch Erschütterungsstrafreize lernen, Hell bzw. Dunkel zu meiden.

7. Bei keiner der genannten Milben ließ sich durch wahllos erteilte Strafreize eine Sensibilisierung erreichen.

8. Bei den Juliden *Cylindroiulus teutonicus* und *Oncoiulus foetidus* ließen sich im horizontal gelagerten T-förmigen Wahlapparat linksläufige Tiere durch Berührungsstrafreize auf Vermeidung von Links, rechtsläufige Tiere auf Vermeidung von Rechts und seitenindifferente Tiere sowohl auf Vermeidung von Links wie von Rechts dressieren.

9. Die genannten Juliden zeigen eine sehr starke Tendenz, abwärts zu laufen. In einem Wahlapparat, in dem ein aufwärts und ein abwärts gerichteter Laufkanal vorhanden waren, ließen sich nur Dressuren zur Vermeidung des unteren Kanals durchführen.

10. Eine Sensibilisierung kommt bei keinem der an diesen Juliden ausgeführten Versuchen in Betracht.

Literatur.

Bock, A.: Über das Lernvermögen bei Asseln. Z. vergl. Physiol. **29** (1942). — **Borell, W. v.:** Assoziationsbildung und Sensibilisierung bei *Tenebrio molitor*. Z. vergl. Physiol. **30** (1942). — **Bramstedt, F.:** Dressurversuche bei *Paramecium caudatum* und *Stylonychia mytilus*. Z. vergl. Physiol. **22** (1935). — **Dilk, F.:** Ausbildung von Assoziationen bei *Planaria gonocephala*. Z. vergl. Physiol. **25** (1938). — **Raabe, S.:** Zur Analyse der Assoziationsbildung bei *Lumbriculus variegatus* Müll. Z. vergl. Physiol. **26** (1939). — **Sgonina, K.:** Vergleichende Untersuchungen über die Sensibilisierung und den bedingten Reflex. Z. vergl. Physiol. **3** (1939). — **Soest, H.:** Dressurversuche mit Ciliaten und rhabdocoelen Turbellarien. Z. vergl. Physiol. **24** (1937).

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg. — Printed in Germany.

Lebenslauf

Als Tochter des Reichbahnamtmannes Wilhelm Deichert und seiner Ehefrau Wilhelmine geb. Müller wurde ich, Wilhelmine Schnabel geb. Deichert, am 3. Mai 1920 in Mainz geboren. Ich bin deutscher Staatsangehörigkeit und evang. Konfession. Ich besuchte dort vier Jahre die Grundschule und trat dann in die Frauenlobschule, Oberschule für Mädchen, über, an der ich im Frühjahr 1939 die Reifeprüfung bestand. Anschließend — von April bis Oktober 1939 — war ich im Reichsarbeitsdienst. Zu dem Wintersemester 1939/40 ließ ich mich an die **Philipps-Universität** Marburg immatrikulieren. Ich studierte Zoologie, Botanik, Physik und Chemie. Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten: Alverdes, Asmus, Claussen, Grüneisen, Meerwein, Schlieper, Strecker.

Am 25. Februar 1943 verheiratete ich mich mit dem Unterarzt Dr. med. Karlheinz Schnabel.